ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 FÉVRIER 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Émile Picard** dépose sur le bureau de l'Académie le fascicule relatif au Cinquantenaire de la Société mathématique de France, qui a été célébré les 23 et 24 mai derniers. La séance du 24 mai a eu lieu dans le grand Amphithéâtre de la Sorbonne sous la présidence de M. Raymond Poincaré. On trouvera dans cette brochure les discours prononcés par MM. Émile Picard, de la Vallée Poussin, Lecornu, d'Ocagne, Émile Borel, Bertrand de Fontviolant et Raymond Poincaré.

PHYSIOLOGIE. — *Viande cuite et viande crue dans l'alimentation des poissons.* Note de MM. **Charles Richet**, **M. Öxner** et **J. Richard**.

Il a été démontré par l'un de nous que chez les animaux carnivores, notamment le chien, la vie ne peut se prolonger quand l'alimentation est uniquement de la viande cuite, tandis qu'avec la viande crue, aliment unique, la santé et la robustesse des animaux sont admirables.

Il nous a paru intéressant de rechercher si sur les poissons on retrouverait cette même loi.

A l'Institut Océanographique de Monaco, nous avons fait cette étude, mais elle a présenté des difficultés imprévues.

Des poissons d'assez grande taille, dépassant 500^{g}, ne peuvent vivre que dans des bacs très larges. Et alors, comme il s'agit de les peser tous les dix jours, on s'expose, chaque fois qu'on les prend pour la pesée, à les fatiguer ou à les blesser. Il convient donc d'opérer sur des poissons relativement

petits. Mais, comme l'expérience doit durer plusieurs mois, il faut des animaux robustes qui supportent bien la captivité et ne sont pas trop exposés aux épidémies et aux maladies. De fait, à peu près la seule espèce qui vive très bien en captivité et pendant longtemps, c'est le Tanude [1] (*Cantharus griseus*, Cuv.).

Notre expérience a porté sur six Tanudes, dont trois étaient nourris de viande crue (de poisson), et trois de la même viande, mais cuite, c'est-à-dire soumise à une ébullition prolongée. Que la viande soit cuite ou crue, les Tanudes la prennent avec la même avidité. Mais, quand elle est cuite, surtout à partir de la cinquième ou la sixième semaine, les Tanudes la rejettent en partie, après l'avoir tout d'abord avalée.

Les pesées ont été faites tous les dix jours avec soin. Toutes précautions ont été prises pour que les animaux ne soient ni fatigués, ni blessés. L'erreur maximale de la pesée est inférieure à $0^g,5$.

Le tableau suivant indique la marche des poids de dix jours en dix jours à partir du 2 octobre 1924 chez des Tanudes jeunes, par conséquent en voie de croissance.

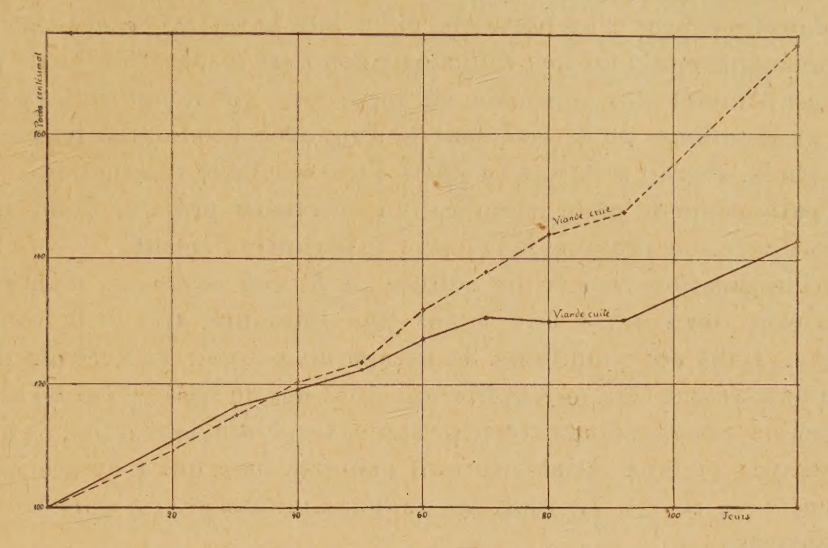
	Poids absolu en grammes.		Poids centésimal.	
	Viande crue.	Viande cuite.	Viande crue.	Viande cuite.
2 octobre 1924....	114	100	100	100
11 » »	124	111	109	111
21 » »	132	116	115	116
31 » »	137	119	120	119
10 novemb. »	141	122	123	122
20 » »	153	127	134	127
30 » »	158	131	138	131
10 décemb. »	165	131	144	130
20 » »	168	130	147	130
9 janvier 1925....	175	138?	154	138?
20 » »	191	143	174	143

On remarquera (ce qui se voit très nettement sur le graphique ci-contre) que la différence de croît ne s'observe que vers le 50e jour, alors que sur les chiens, animaux à sang chaud et à métabolisme plus rapide, c'est vers le 15e jour que la différenciation s'établit.

Ainsi il est avéré que les Carnivores hétérothermes se comportent comme

(1) A l'aquarium du Musée Océanographique, de jeunes Tanudes, de $0^m,03$ de longueur, ont atteint en 14 ans la longueur de $0^m,45$.

les Carnivores homéothermes. Par la cuisson de la viande, on a donc, soit détruit des vitamines (nécessaires ou utiles), soit disloqué certaines matières



albuminoïdes musculaires, de manière à les rendre moins facilement assimilables ([1]).

PATHOLOGIE. — *Sur la pathogénie et les conditions d'entretien de la colibacillurie.* Note de M. **H. Vincent.**

Dans une précédente Note ([2]), j'ai montré que l'élimination urinaire du *B. coli communis* reconnaît une origine sanguine. Elle succède à une septicémie tantôt bruyante, tantôt latente, laissant après elle une infection rénale et vésicale, avec ou sans pyurie. La colibacillose urinaire peut persister parfois pendant de très nombreuses années.

Il existe donc un contraste remarquable entre l'état d'immunité générale qui suit la guérison des accidents infectieux initiaux et la réceptivité locale et persistante de l'appareil réno-vésical pour le *B. coli*. Certains départements de l'organisme sont donc exclus de la protection assurée aux autres

---

([1]) Il faut rapprocher cette expérience de celle de Henry Cardot (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1240) qui a vu sur la Limace agreste (*Agriolimax agrestis*) que l'alimentation cuite végétale était moins favorable que cette même alimentation crue, au point de vue de la croissance comme au point de vue de la ponte.

([2]) H. Vincent, *Comptes rendus*, t. 180, 1925, p. 239.

organes. Le sang, primitivement infecté, s'est débarrassé du microbe pathogène. Mais celui-ci a élu domicile avec prédilection dans la substance du rein, dans les calices et les bassinets, enfin dans la vessie (¹), et l'expérience clinique montre qu'il est fort difficile de l'en faire disparaître. Cette persistance est d'autant plus anormale, en apparence, que la multiplication continue et abondante du *B. coli* dans le rein, avec production fréquente de petits abcès, devrait produire les effets d'une véritable vaccination.

La pathogénie de cette complication infectieuse présente donc quelque intérêt. Je me suis proposé de l'étudier expérimentalement.

Par l'inoculation répétée de culture de *B. coli communis* d'abord tué, puis vivant, on confère aux lapins une immunité très forte contre ce microbe. Dans ces conditions, le titrage du pouvoir bactéricide de leur sérum montre que celui-ci s'exerce aux dilutions de $\frac{1}{500}$ à $\frac{1}{1000}$ et même plus. Les bacilles examinés au microscope sont lysés. Enfin, la réaction de fixation est positive à un taux variable suivant l'animal, mais qui a été trouvé compris entre $\frac{1}{600}$ et $\frac{1}{4000}$. Le sang des animaux immunisés est donc très riche en anticorps.

Or leur urine ne possède pas la même propriété. Lorsqu'on ensemence, en effet, le *B. coli* d'une part, dans l'urine neutralisée du lapin ainsi immunisé, d'autre part, dans la même urine soumise à l'ébullition afin d'y détruire les anticorps s'il en existait, on voit que le microbe s'y multiplie d'une manière semblable.

Dans l'hypothèse où la sensibilisatrice existerait dans l'urine des animaux immunisés, mais où le complément en serait absent, on a ajouté de l'alexine à l'urine chauffée à 56°. Or, non seulement cette urine n'a montré aucune propriété bactéricide, mais encore le *B. coli* y a poussé plus abondamment. Il y avait eu enrichissement du milieu. La recherche de la sensibilisatrice dans les mêmes urines en a montré des traces pendant les six ou sept jours qui suivent la dernière injection vaccinante (²). Mais la proportion en est 60 à 400 fois plus faible que dans le sang. Après une semaine l'anticorps est absent.

Le titre minime, puis la disparition de la sensibilisatrice dans l'urine des lapins immunisés ne sont pas davantage dus à l'existence d'une antisensibi-

---

(¹) La vésicule biliaire présente la même particularité à l'égard du *B. coli*.

(²) L'urine du lapin, étant alcaline, est faiblement hémolytique. Mais ce pouvoir n'est plus appréciable en une heure et à 38° aux taux de dilution de $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{50}$, $\frac{1}{100}$ que j'ai employés.

lisatrice. En effet, si l'on mélange à des dilutions différentes et en proportions variables, cette urine à un sérum (chauffé à 56°) qui dévie le complément à $\frac{1}{600}$, et qu'on porte le tout à l'étuve pour permettre à l'antisensibilisatrice d'agir, si elle est présente, on constate que le pouvoir fixateur de ce mélange n'est pas inférieur à celui du même sérum dilué dans la même proportion avec de l'eau physiologique.

Chez les animaux immunisés activement contre le *B. coli communis*, l'anticorps spécifique ne subit donc, dans l'urine, qu'un court passage pendant lequel il n'existe qu'en proportion minime. On s'explique, dès lors, pourquoi le bacille peut persister dans l'urine qui lui sert de milieu nutritif et pourquoi la vaccinothérapie ne donne pas, le plus souvent, chez les malades atteints de colibacillose urinaire ancienne, de résultat appréciable. Elle n'amène, ainsi que je l'ai constaté par la numération des bacilles, qu'une diminution fugace et nullement constante du nombre des colibacilles dans l'urine (1). Lorsqu'elle se produit, cette diminution passagère répond, peut-être, à la courte phase signalée ci-dessus, pendant laquelle des traces de sensibilisatrice peuvent être vérifiées dans l'urine.

Les poussées fébriles qu'on observe souvent dans la colibacillurie, notamment à la suite de fatigues (2), résultent soit d'une brève infection partie du rein malade et due au *B. coli* déversé dans le sang, soit de la formation d'abcès miliaires. Elles coïncident avec une augmentation du nombre des bacilles dans l'urine suivie, parfois, de leur diminution temporaire.

MINÉRALOGIE. — *Au sujet d'une récente Communication relative aux acides gras.* Note de M. G. **Friedel**.

M. J.-J. Trillat (3) confirme des résultats de Muller et Shearer relativement aux acides gras. Ces corps, ainsi qu'il ressort d'ailleurs du simple examen microscopique, sont cristallisés. Tout ce qu'ils ont de particulier,

---

(1) Par exemple, le nombre des bacilles peut descendre de 600 000 à 20 000 par centimètre cube. Mais il revient quelques jours après à son taux antérieur.

(2) J'ai démontré (*Société de Biologie*, t. 81, 1918, p. 379) que la fatigue aiguë s'accompagne expérimentalement d'une diminution parfois considérable du pouvoir alexique du sérum.

(3) *Comptes rendus*, t. 180, 1925, p. 280.

c'est qu'un de leurs plans réticulaires possède un espacement beaucoup plus grand que les autres.

Mais la phrase initiale de la Note de M. Trillat me met en cause, et donnerait à croire que j'ai attribué à ces corps la structure *smectique*. L'emploi qui est fait, dans cette Note, du mot smectique tend aussi à établir une confusion que je crois nécessaire de rectifier.

J'ai proposé le nom d'état smectique pour désigner un état de la matière, *très différent de l'état cristallisé*, et qui est un des deux états mésomorphes. A cet état correspond une structure spéciale, caractérisée par l'existence *d'une direction unique de surfaces équidistantes*, les molécules étant, dans chacune de ces surfaces, disposées sans ordre, comme elles le sont pour toutes les directions dans les corps amorphes. Je n'ai jamais, comme paraît le croire M. Trillat, attribué cet état ni cette structure aux acides gras. Tous ceux que j'ai pu examiner, notamment l'acide palmitique qu'étudie M. Trillat, sont cristallisés à la température ordinaire et passent, par élévation de la température, à l'état amorphe sans montrer aucun des deux états mésomorphes. Il n'est nul besoin de rayons X pour s'en assurer : un coup d'œil au microscope suffit. Les acides gras n'ont rien de smectique.

M. Trillat, tout en pensant faire usage de ma nomenclature, emploie le mot smectique dans un sens tout différent. Il appelle structure smectique la disposition d'un corps *cristallisé* dont le plan de plus grande équidistance se place parallèlement au support sur lequel le corps repose. De sorte que des paillettes de graphite ou de mica posées sur un support plan fourniraient le type de la structure smectique. Je crois ce changement d'acception inutile et regrettable. Je tiens en tout cas à dire que je ne suis pour rien dans cette définition que M. Trillat m'attribue.

Il n'est d'ailleurs pas exact que les radiogrammes des corps smectiques, tels que les savons par exemple, soient semblables à ceux des corps cristallisés montrant une équidistance très dominante, tels que les acides gras par exemple. Que ces radiogrammes *se ressemblent*, comme le dit M. Trillat, cela est vrai, mais à la condition que l'on ne porte pas son attention sur ce qui les distingue entre eux. Ils se ressemblent en ce que tous deux montrent un système d'anneaux très serrés, répondant à l'existence d'un système de plans à très grand espacement. Mais pour les corps cristallisés, à ce système d'anneaux nets, précis, s'ajoutent de multiples systèmes d'anneaux nets, de plus grand diamètre, correspondant à de multiples systèmes de plans réticulaires moins espacés. Pour les corps smectiques, il n'y a rien de semblable ; le système d'anneaux serrés est le seul; il s'y ajoute seulement un anneau

unique, excessivement flou dans toutes les conditions d'expérience, et qui correspond très probablement à l'espacement moyen des molécules dans le plan à espacement régulier.

Au surplus, si l'étude au moyen des rayons X est venue confirmer la structure prévue pour les corps smectiques, il ne faut pas oublier que l'on a des moyens plus simples et plus immédiats de distinguer un corps smectique d'un corps cristallisé. Il est singulier de discuter de la structure des corps smectiques en choisissant pour exemple des corps qui, vus sous le microscope, se montrent de toute évidence cristallisés et n'ont aucun rapport avec l'état smectique.

M. Émile Borel s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie de deux fascicules de mon *Traité du Calcul des probabilités et de ses applications*, qui doit comprendre 18 fascicules répartis en 4 volumes.

Il m'a semblé que le moment était venu de chercher à rassembler en un Traité les résultats essentiels acquis à la science dans le domaine du Calcul des probabilités et de ses applications diverses. J'ose espérer que, malgré les difficultés de cette tâche et l'imperfection de sa réalisation, il n'aura pas été inutile de rassembler ainsi des matières le plus souvent dispersées dans des ouvrages qui s'adressent à des publics différents. Malgré leur diversité, en effet, toutes les applications du Calcul des probabilités ont entre elles des analogies étroites ; ceux qui s'intéressent spécialement à certaines de ces applications ont intérêt à étudier les méthodes employées dans d'autres applications ; tous doivent connaître les recherches théoriques et, de leur côté, les théoriciens ne doivent pas ignorer les applications de leurs travaux. En un mot, il convient de mettre en évidence, par la publication d'un Traité, l'unité et l'importance du Calcul des probabilités, comme on l'a fait depuis longtemps pour d'autres disciplines et notamment pour la Mécanique.

Le Traité comprendra quatre volumes consacrés, le premier, aux principes de la théorie, le second, aux applications aux sciences mathématiques et physiques, le troisième, aux applications aux sciences économiques et biologiques, le quatrième, aux applications diverses.

Je présente aujourd'hui le fascicule 1 du Tome I, *Principes et formules classiques du Calcul des probabilités*, rédigé par M. René Lagrange d'après mon cours de la Faculté des sciences de Paris, et le fascicule 3 du Tome II, *Mécanique statistique classique*, rédigé par M. Francis Perrin, également

d'après un de mes cours. J'ai présenté antérieurement le fascicule 1 du Tome III, *Assurances sur la vie, calcul des primes*, par M. Henri Galbrun. J'espère, avec la collaboration de plusieurs savants et étrangers, mener à bien en quatre ou cinq ans l'achèvement de ce Traité.

M. de Sparre fait hommage à l'Académie d'un Mémoire *Sur le Calcul du temps et de la dérivation dans les grandes trajectoires des projectiles*.

Le Mémoire dont j'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie complète celui que je lui ai précédemment offert.

J'y montre que le calcul de la partie de la dérivation due au mouvement du projectile autour de son centre de gravité ne dépend que d'un seul coefficient et comment, si sa détermination théorique paraît assez incertaine, on pourrait arriver assez simplement à le connaître par l'expérience. Je fais voir de plus l'avantage d'adopter pour la rotation du projectile un sens de rotation donnant une déviation vers la gauche, celle due à la rotation de la Terre, qui n'est pas négligeable dans le cas actuel, atténuant alors très notablement la première.

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts invite l'Académie à lui désigner un des membres de la section d'économie rurale qui remplacera, dans la deuxième section de la Commission technique de la Caisse des recherches scientifiques, M. *L. Maquenne*, décédé.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Électricité atmosphérique*, par B. Chauveau. Fascicule 1 : *Introduction historique*. Fascicule 2 : *Le champ électrique et l'atmosphère*. Fascicule 3 : *Généralités sur les ions, l'ionisation et la radioactivité. La conductibilité et l'ionisation de l'atmosphère*.

2° *Faune de France*. 8. *Diptères : Tipulidæ*, par C. Pierre (Préface de M. Villeneuve). (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

3° *Rapport sur les études de quelques sources thermales de Madagascar, la station thermale et climatique d'Antsirabe*, par MM. Charles Moureu, Ad. Lepape, H. Moureu, Monnier, Colin et Foucque.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de Dirichlet généralisé; équations non linéaires à m variables.* Note de M. **Georges Giraud.**

Considérons une équation, vérifiée pour $u = 0$,

$$(1) \quad \mathcal{F}(u) = F\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2}, \frac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial x_2}, \ldots, \frac{\partial^2 u}{\partial x_m^2}; \frac{\partial u}{\partial x_1}, \ldots, \frac{\partial u}{\partial x_m}; u; x_1, x_2, \ldots, x_m\right) = 0,$$

de type elliptique, F étant analytique. Pour obtenir les inégalités, relatives aux équations linéaires, nécessaires pour prouver la convergence des approximations successives décrites dans mes précédentes Notes [1], il est commode de se servir d'une méthode due à M. E.-E. Lévi [2]. Il n'est alors plus nécessaire de distinguer le cas où m est pair de celui où m est impair, et le domaine D, où l'on fait les approximations successives, peut être de forme absolument quelconque, même à plusieurs contours. Cependant, comme il faut que les approximations successives soient prolongeables analytiquement au delà des contours, ceux-ci doivent être régulièrement analytiques, ainsi que les données.

On a à résoudre des équations de Fredholm et, pour le succès de la démonstration, les domaines auxquels s'appliquent ces équations de Fredholm sont, les uns, des domaines à m dimensions de l'*espace complexe*, ayant pour frontière des multiplicités réelles *ou imaginaires* à $m - 1$ dimensions, et les autres, des multiplicités fermées, réelles ou imaginaires, à $m - 1$ dimensions. Finalement, on trouve que la solution du problème de Dirichlet, à laquelle on parvient pour l'équation (1), est analytique même sur le contour de D.

Mais D doit encore être assez petit dans toutes ses dimensions, ou au moins, si F'_u est *négatif*, la forme quadratique, correspondant aux termes du premier ordre par rapport aux dérivées secondes, étant *positive*, D doit avoir une mesure assez petite. D'autre part la convergence n'a lieu que si

---

(1) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 543; t. 174, 1922, p. 853; la formation de la fonction de Green dans cette dernière Note est erronée.

(2) Voir le résumé de cette méthode par J. Hadamard, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 149.

les valeurs données sur la frontière sont assez voisines de zéro. Il est nécessaire de s'affranchir de ces restrictions.

Si F est seulement supposé *indéfiniment dérivable*, on démontre que *toute solution* U *de* (1), *continue ainsi que ses dérivées jusqu'au troisième ordre dans une région* D, *est indéfiniment dérivable*. Si (1) est linéaire par rapport aux dérivées secondes, il suffit de supposer l'existence et la continuité des dérivées secondes de U; si, *de plus*, les coefficients des dérivées secondes, dans (1), ne dépendent pas des dérivées premières, on peut remplacer (1) par une équation intégro-différentielle où n'apparaissent pas les dérivées secondes, et alors il suffit de supposer l'existence et la continuité des dérivées premières. La démonstration est le développement et la généralisation d'une méthode rapidement indiquée par M. Gevrey ([1]). Elle permet de limiter effectivement les dérivées de U de n'importe quel ordre, à l'aide des limitations de U et de ses dérivées des trois premiers ordres; mais cette limitation est compliquée.

Si maintenant F est analytique, *toute solution* U, *continue dans* D *ainsi que ses dérivées jusqu'au troisième ordre*, *est analytique dans* D. La démonstration s'appuie à la fois sur la précédente et sur des approximations successives analogues à celles du problème de Dirichlet. Soit u_0 une solution analytique, telle que $U - u_0$ soit nul en O (O étant situé dans D), ainsi que toutes ses dérivées jusqu'à un certain ordre (la démonstration réussit en allant jusqu'à l'ordre quatre). Soient R un rayon suffisamment petit, q un nombre positif fixe inférieur à un, et soit S_n une hypersphère de centre O et de rayon

$$R_n = R_{n-1}(1 - q^n) \qquad (R_0 = R),$$

et dont nous désignerons l'intérieur par D_n. L'approximation u_n est définie dans D_n, et coïncide sur S_n avec U (excepté u_0). Pour avoir u_{n+1}, connaissant u_n, on considère dans D_{n+1} l'équation

$$\Sigma_{\alpha,\beta} a_{\alpha,\beta} \frac{\partial^2 h_n}{\partial x_\alpha \, \partial x_\beta} + 2 \Sigma_\alpha b_\alpha \frac{\partial h_n}{\partial x_\alpha} + c h_n = - \mathcal{F}(u_n),$$

où les $a_{\alpha,\beta}$, b_α, c, sont des dérivées ou demi-dérivées partielles de F *calculées pour* $u = u_n$; h_n doit prendre sur S_{n+1} les mêmes valeurs que $U - u_n$, et l'on pose

$$u_{n+1} = u_n + h_n, \qquad k_n = U - u_n.$$

([1]) Maurice Gevrey, *Ann. scient. École Normale sup.*, t. 35, 1918, note de la page 155.

On constate alors qu'on peut limiter k_{n+1} et ses dérivées jusqu'au quatrième ordre à l'aide des limitations de k_n et de ses dérivées jusqu'au quatrième ordre, et que les approximations convergent uniformément, si R est assez petit, dans l'intérieur de l'hypersphère S_∞ de rayon

$$R_\infty = R\Pi(1 - q^n).$$

De plus, les u_n, *qui sont des fonctions analytiques*, convergent *uniformément* dans un domaine complexe à $2m$ dimensions, comprenant D_∞. Le théorème en résulte.

Toute solution U, *analytique d'un côté d'une surface analytique* S, *continue sur* S *ainsi que ses dérivées jusqu'au troisième ordre, et prenant sur* S *des valeurs analytiques, est prolongeable analytiquement au delà de* S. La démonstration ressemble à la précédente. On prend pour S la surface

$$x_m = 0.$$

Les hypersphères sont remplacées par des domaines limités par S et par

$$\left[(R^2 x_m)^{\frac{1}{3}} - \frac{R}{2}\right]^2 + \Sigma_1^{m-1} x_\alpha^2 = \frac{5R^2}{4} \qquad (x_m > 0),$$

de manière à éviter certaines discontinuités de dérivées qui empêcheraient d'appliquer la méthode de Fredholm. On fait varier R comme pour le théorème précédent, et on utilise le prolongement analytique des u_n au-delà de S, comme pour le problème de Dirichlet.

Si l'on se borne au cas où $F'_u < 0$, cas où l'on peut appliquer à la formation des approximations successives la méthode alternée de Schwarz (en ayant soin de prendre des domaines à plusieurs contours, de manière que les contours de deux régions empiétant l'une sur l'autre ne se rencontrent pas; ceci, si l'on ne veut pas étudier le cas où les valeurs données sur la frontière de S seraient discontinues), on parvient au théorème suivant :

Pour que le problème de Dirichlet soit toujours possible dans D, *il est nécessaire et suffisant que l'on puisse limiter dans* D *les dérivées jusqu'au troisième ordre de toute solution u de l'équation* (1), *en fonction de* R *et de* M, $MR^{-n}n!$ *étant, quel que soit n, une limite supérieure de la valeur absolue d'une dérivée d'ordre n de u par rapport aux m* — 1 *paramètres à l'aide desquels sont exprimées analytiquement les coordonnées des points de la frontière de* D.

Dans les cas indiqués plus haut, on peut se limiter au second ou au premier ordre.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques applications des polynomes électrosphériques à la théorie des nombres*. Note de M. F. **Defourneaux**, présentée par M. Appell.

Dans deux Notes (¹), j'ai montré comment il était possible, pour chacune des équations

$$x^2 - Dy^2 = 1, \qquad x^2 - Dy^2 = -1,$$

d'exprimer, à l'aide de certains polynomes, toutes ses solutions en nombres entiers, en fonction de l'une d'entre elles, appelée *solution fondamentale*; et, comme conséquence, que l'on pouvait même exprimer toutes les solutions de l'une de ces équations en fonction de la solution fondamentale de l'autre.

Je me propose maintenant de traiter la même question pour l'équation

$$Mx^2 - Ny^2 = 1,$$

M et N étant des nombres entiers positifs qui ne sont pas carrés parfaits.

I. J'utilise les polynomes

$$F_n(v) = U_n(v) + U_{n-1}(v), \qquad G_n(v) = U_n(v) - U_{n-1}(v),$$

$U_n(v)$ désignant un polynome électrosphérique (²).

Ces polynomes satisfont à la même loi de récurrence que les polynomes U :

$$F_{n+1} = vF_n - F_{n-1}, \qquad G_{n+1} = vG_n - G_{n-1}.$$

De plus, la relation

$$F_n(-v) = (-1)^n G_n(v)$$

permet, dans leur étude, de se borner au cas de v positif. Les identités

$$F_{-n}(v) = -F_{n-1}(v) \qquad \text{et} \qquad G_{-n}(v) = G_{n-1}(v)$$

montrent que les polynomes F et G d'indices négatifs ne diffèrent pas de ceux d'indices positifs. Ils satisfont à des relations simples telles que

$$F_n^2(v) - vF_n(v)F_{n-1}(v) + F_{n-1}^2(v) = 2 + v;$$

$$G_n^2(v) - vG_n(v)G_{n-1}(v) + G_{n-1}^2(v) = 2 - v;$$

(1) $$(v+2)G_n^2(v) - (v-2)F_n^2(v) = 4,$$

(¹) Defourneaux, *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 880, et t. 176, 1923, p. 649.

(²) A. Guillet et M. Aubert, *Annales de Physique*, 9ᵉ série, t. 9, 1918, p. 58.

qui mettent en évidence les solutions en nombres entiers de quelques équations de la forme

$$ax^2 + bxy + cy^2 = m.$$

Leurs équations différentielles sont :

$$(v^2 - 4)F''_n(v) + 2(v+1)F'_n(v) - n(n+1)F_n(v) = 0,$$
$$(v^2 - 4)G''_n(v) + 2(v-1)G'_n(v) - n(n+1)G_n(v) = 0.$$

Le changement de variable $v = 4x - 2$ ramène ces équations à celle de Gauss.

II. On établit facilement, de proche en proche, l'identité

$$(2)\qquad \left(\frac{\sqrt{v+2}+\sqrt{v-2}}{2}\right)^{2n+1} \equiv \frac{\sqrt{v+2}\,G_n(v)+\sqrt{v-2}\,F_n(v)}{2},$$

d'où résulte d'ailleurs l'identité (1).

Si l'on tient compte de ce que

$$\left(\frac{\sqrt{v+2}+\sqrt{v-2}}{2}\right)^2 = \frac{v}{2} + \sqrt{\frac{v^2}{4} - 1},$$

grâce à l'emploi des polynomes U et H [1], on peut écrire

$$(3)\qquad \left(\frac{\sqrt{v+2}+\sqrt{v-2}}{2}\right)^{2n} \equiv \frac{H_n(v)}{2} + U_{n-1}(v)\sqrt{\frac{v^2}{4} - 1}.$$

Soit maintenant l'équation $Mx^2 - Ny^2 = 1$, supposée résoluble en nombres entiers et admettant (α'', β'') comme solution fondamentale, c'est-à-dire celle qui est formée des plus petits entiers positifs.

On a

$$M\alpha''^2 - N\beta''^2 = 1.$$

Je pose

$$v = 4M\alpha''^2 - 2 = 4N\beta''^2 + 2$$

et, par suite,

$$v + 2 = 4M\alpha''^2, \qquad v - 2 = 4N\beta''^2;$$

l'identité (2) devient

$$(\alpha''\sqrt{M} + \beta''\sqrt{N})^{2n+1} = \alpha'' G_n(v)\sqrt{M} + \beta'' F_n(v)\sqrt{N}.$$

Donc, toute solution positive de l'équation $Mx^2 - Ny^2 = 1$ s'écrit

$$x = \alpha'' G_n(v), \qquad y = \beta'' F_n(v).$$

---

(1) DEFOURNEAUX, *Journal de Physique*, 5e série, t. 9, 1919, p. 165.

De même, l'identité (3) s'écrit :

$$(\alpha''\sqrt{M}+\beta''\sqrt{N})^{2n}=\frac{1}{2}H_n(v)+2\alpha''\beta''\,U_{n-1}(v)\sqrt{MN},$$

ce qui montre que toute solution positive de l'équation de Pell,

$$x^2-MN\,y^2=1,$$

s'écrit

$$x=\frac{1}{2}H_n(v),\qquad y=2\alpha''\beta''\,U_{n-1}(v).$$

En particulier, sa solution fondamentale est

$$\alpha=\frac{v}{2}=2M\alpha''^2-1,\qquad \beta=2\alpha''\beta'';$$

ceci fournit les conditions nécessaires et suffisantes de possibilité pour l'équation $Mx^2-Ny^2=1$ lorsqu'on connaît la solution fondamentale de l'équation de Pell.

III. De la même façon, on peut résoudre l'équation $Mx^2-Ny^2=2$. Il suffit de poser

$$v=2M\alpha_1''^2-2=2N\beta_1''^2+2,$$

d'où l'on déduit la solution générale

$$x=\alpha''_1\,G_n(v),\qquad y=\beta''_1\,F_n(v),$$

tandis que toute solution de l'équation de Pell, $x^2-MNy^2=1$, s'écrit

$$x=\frac{1}{2}H_n(v),\qquad y=\alpha''_1\beta''_1\,U_{n-1}(v),$$

sa solution fondamentale étant

$$\alpha=M\alpha_1''^2-1,\qquad \beta=\alpha''_1\beta''_1.$$

IV. Toutes ces considérations rattachent, en définitive, la résolution des équations $Mx^2-Ny^2=1$, $Mx^2-Ny^2=2$ à celle de l'équation

$$x^2-D\,y^2=1,$$

D étant le produit des entiers M et N. Elles démontrent en outre, d'une autre façon, un théorème dû à Legendre et concernant ces équations [1].

---

[1] LEGENDRE, *Théorie des nombres*, 1re Partie, p. 64 et suiv.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les espaces affines abstraits.* Note de M. **Maurice Fréchet**, présentée par M. J. Hadamard.

Dans une précédente Communication [1], j'indiquais qu'un grand nombre de champs fonctionnels très importants en Analyse et de natures très diverses, possèdent le même nombre (infini) de dimensions.

L'analogie ainsi révélée entre ces différents champs nécessite, pour être exprimée, la connaissance de l'un deux. Il est naturel de chercher à exprimer cette analogie en les considérant comme des représentations concrètes et particulières d'un type d'espace à définir en termes abstraits. Une première façon d'y parvenir consiste à les décrire comme des espaces ($\mathfrak{D}$) séparables [2] qui ont le plus grand nombre de dimensions parmi ceux des espaces ($\mathfrak{D}$) séparables. La solution est complète, mais n'est pas très intuitive. MM. S. Banach [3] et N. Wiener [4] ont introduit une notion qui ouvre la voie à une seconde façon de procéder.

Ils ont montré qu'un certain nombre de champs fonctionnels importants (et en particulier les champs C, C′ Ω, Ω_1 mentionnés dans ma Communication rappelée plus haut) sont des exemples particuliers d'espaces abstraits que nous décrirons plus loin sous le nom d'espaces de Banach ou espaces ($\mathfrak{D}$) vectoriels complets.

Mais M. Urysohn a montré [5] que d'autres espaces ayant le même nombre de dimensions que les précédents et qui jouent en Analyse un rôle aussi important, tel l'espace des fonctions entières, ne peuvent être, au moins d'une façon simple et naturelle, considérés comme des espaces de Banach. Nous nous proposons de montrer qu'on peut faire rentrer ces cas dans un type commun (plus général quoique presque aussi simple que celui des espaces de M. Banach) et nous appellerons espace ($\mathfrak{D}$) affine. Il nous faudra, dans ce but, établir une distinction qui paraîtra peut être subtile et regrettable, mais qui semble nécessaire entre la « longueur » et la « distance ».

Nous définissons d'abord un *champ de vecteurs*.

C'est un système V caractérisé par un ensemble σ d'éléments (de nature quelconque) appelés *vecteurs* et par trois opérations désignées par les symboles $+$, $\cdot$, $\|\ldots\|$, liés les uns aux autres par les conditions suivantes.

Quels que soient les vecteurs ξ, η, ζ du champ σ et le nombre réel a :

1° $\xi + \eta$ est un élément du champ σ;

---

[1] *Sur la notion de dimensions* (*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1782).

[2] Pour la signification des termes employés, voir la Note précitée.

[3] *Fundamenta Mathematicæ*, t. 3, 1922, p. 134.

[4] *Bull. Soc. Math. France*, t. 50, 1922, p. 123.

[5] *C. R. Congrès Soc. sav.*, Dijon, 1924.

2° $\xi + \eta = \eta + \xi$;

3° $\xi + (\eta + \zeta) = (\xi + \eta) + \zeta$;

4° $\xi + \eta = \xi + \zeta$ est équivalent à $\eta = \varphi$;

5° Il existe un vecteur θ du champ σ tel que $\xi + \theta = \zeta$;

6° $a.\xi$ est un élément du champ σ;

7° $a \neq 0$ et $a.\xi = a.\eta$ impliquent $\xi = \eta$;

8° $\xi \neq \theta$ et $a.\xi = b.\xi$ impliquent $a = b$;

9° $a.(\xi + \eta) = a.\xi + a.\eta$;

10° $(a + b).\xi = a.\xi + b.\xi$;

11° $1.\xi = \xi$;

12° $(ab).\xi = a.(b.\xi)$;

13° $\|\xi\|$ est un nombre réel $\geqq 0$, dit *longueur* du vecteur ξ;

14° $\|\xi\| = 0$ est équivalent à $\xi = \theta$;

15° $\|a.\xi\| = |a|\,\|\xi\|$.

Nous définissons ensuite un *espace affine abstrait*. C'est le système composé par : un ensemble F d'éléments de nature quelconque que nous appellerons *points de l'espace*, et un champ V de vecteurs associé à l'ensemble F de façon à satisfaire aux conditions suivantes :

I. Deux points A, B de l'espace considéré, pris dans un certain ordre, déterminent un vecteur ξ du champ V. On représente cette association par la notation $\overline{AB} = \xi$.

II. Étant donnés un vecteur ξ du champ V et un point A de l'espace considéré, il existe un point B de cet espace et un seul tel que $\overline{AB} = \xi$.

III. $\overline{AA} = \theta$ quel que soit le point de cet espace.

IV. Quels que soient les points A, B, C de cet espace, on a

$$\overline{AB} + \overline{BC} = \overline{AC}.$$

Intervention des considérations de continuité. — Si un ensemble de points de nature quelconque peut être considéré comme l'ensemble des points d'un espace affine, cet ensemble est-il d'une nature particulièrement simple ? Il n'en est rien. Ainsi, tout ensemble G ayant la puissance du continu, peut être mis en correspondance ponctuelle biunivoque avec l'espace euclidien. Celui-ci étant affine, il en sera de même de l'ensemble G. On pourra y définir des vecteurs, des droites, des plans, des longueurs, etc., par correspondance à ceux de l'espace euclidien. Seulement ces définitions pourront conduire à des résultats sinon absurdes logiquement, du moins contraires au bon sens. C'est ainsi qu'en prenant pour G une droite euclidienne, on distinguera sur cette droite des droites parallèles, des plans, etc.

Si l'on se souvient que toute distinction entre les espaces linéaires, plans, etc., disparaît tant que l'on ne fait pas intervenir les considérations de continuité, on sera amené à faire intervenir celles-ci pour compléter les conditions imposées à l'espace affine. En introduisant ces considérations sous leur forme la plus générale, on serait

conduit à la notion d'*espace topologiquement affine* que nous préciserons ailleurs.

Contentons-nous ici d'examiner le cas où l'espace considéré est un espace ($\mathcal{D}$), c'est-à-dire où la définition de la convergence d'une suite de points peut s'y traduire par l'intermédiaire d'une distance. Nous dirons que cet espace est un *espace* ($\mathcal{D}$) *affine*, si l'on peut lui associer un champ de vecteurs de façon à satisfaire aux conditions 1° à 15° et I à IV, et aussi aux conditions V qui suivent. Pour exprimer celles-ci, nous appellerons *droite abstraite* l'ensemble des points C obtenus en faisant varier le nombre réel c dans la relation $\overline{\mathrm{A}c} = c.\ \overline{\mathrm{AB}}$, où A et B sont deux points fixes distincts arbitraires de l'espace considéré. Voici maintenant les conditions V.

V_a. Toute droite abstraite est un ensemble fermé;
V_b. Sur toute droite abstraite, la « longueur » peut jouer le rôle de « distance »;
V_c. Si $\overline{\mathrm{AB}} = \overline{\mathrm{CD}}$, les distances (A, B) et (C, D) sont égales.

Ces trois conditions auront lieu si la longueur $\|\overline{\mathrm{AB}}\|$ et la distance (A, B) sont égales quels que soient les points A, B de l'espace considéré. On aura dans ce cas ce que nous avons appelé un espace ($\mathcal{D}$) vectoriel. Et si, en outre, la distance envisagée admet une généralisation du critère de Cauchy, on aura un espace de Banach, ou espace ($\mathcal{D}$) vectoriel complet.

Mais ces trois conditions V peuvent être réalisées en maintenant la distinction entre la longueur et la distance. Et c'est ce qui permet de donner les exemples suivants d'espace ($\mathcal{D}$) affine : les espaces (I), ($\mathfrak{M}$) et (E_ω) mentionnés dans ma Note citée plus haut. Et aussi :

L'espace polynomial P où chaque « point » est un polynome réel et où une suite de « points » $\mathrm{A}_1, \mathrm{A}_2, \ldots$ est convergente lorsque les polynomes A_1, $\mathrm{A}_2, \ldots$ convergent uniformément dans tout intervalle fini.

L'espace (R), espace où chaque « point » A est déterminé par une suite infinie de coordonnées $a_1, a_2, \ldots$ nulles à partir d'un certain rang (éventuellement variable avec A), et où une suite de points est par définition convergente lorsque leurs coordonnées convergent pour chaque rang fixe.

Ces deux espaces offrent en outre cet intérêt d'ajouter *deux exemples d'espaces* ($\mathcal{D}$) *non complets*, à celui qui a été fourni par M. Chittenden et publié dans ma Communication à l'Académie ([1]).

([1]) *Sur l'existence de classes* ($\mathcal{D}$) *non complètes* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 977).

ÉLASTICITÉ. — *Sur la rupture du barrage de Bouzey.*
Note (1) de M. **Vladimir de Belaevsky**, présentée par M. Mesnager.

La rupture du barrage de Bouzey (en 1895), célèbre dans l'histoire de l'art de l'ingénieur et qui a suggéré à Maurice Levy l'idée de résoudre le problème de l'équilibre élastique d'un triangle indéfini soumis à la pression hydrostatique (2), a été attribuée par la conclusion des experts à l'effet des efforts normaux et non à celui du cisaillement comme le pensait Maurice Levy.

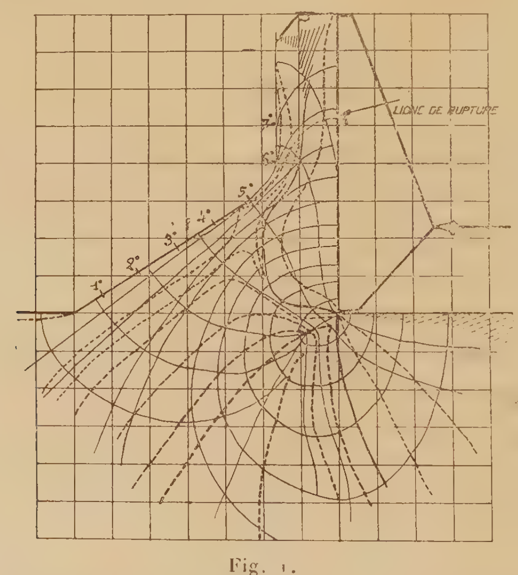


Fig. 1.

Afin de pouvoir donner une explication de la catastrophe, il importe d'obtenir la répartition exacte des efforts intérieurs, mais l'intégration des équations d'élasticité dans le cas d'un contour comme celui de Bouzey présente de grandes difficultés, c'est pourquoi nous avons recouru à la méthode expérimentale de M. Mesnager, méthode basée sur la propriété des corps transparents de devenir biréfringents sous l'action de forces extérieures convenablement appliquées (3).

(1) Séance du 26 janvier 1925.

(2) *Comptes rendus*, 1898, t. 126, p. 1235, et t. 127, p. 10.

(3) Voir l'article de M. Mesnager, dans la *Technique moderne*, du 15 mars 1924, t. 16, n° 6, *Les tensions intérieures rendues visibles*.

Nos études ont été effectuées avec un modèle de barrage à l'échelle de 1/500 découpé dans une feuille de xylonite contre lequel une pression répartie comme celle de l'eau était produite par une pièce métallique avec interposition d'une feuille de caoutchouc.

Nos résultats restent valables autant que l'hypothèse suivante reste en vigueur : *les propriétés élastiques du corps de barrage et de sa fondation sont identiquement les mêmes, le corps et la fondation forment ensemble un bloc monolithe, homogène et isotrope*.

La figure 1 présente un dessin de lignes isostatiques du barrage de Bouzey, obtenu avec des lignes isoclines (en pointillé).

L'analyse des lignes isostatiques nous permet de constater que, le long du parement aval, le maximum des pressions normales agissant sur un élément plan perpendiculaire au parement aval, se trouve au voisinage du

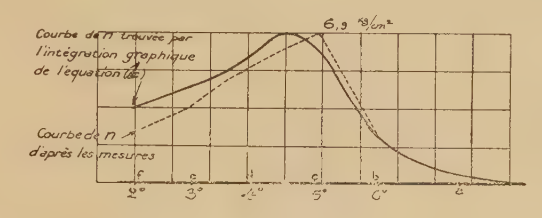


Fig. 2.

point n° 5 (voir *fig.* 2). Ce résultat découle de l'équation de l'élasticité en coordonnées isostatiques

$$\frac{\partial N_1}{\partial s_1} + \frac{N_1}{R_1} = 0 \tag{1}$$

(N_2 étant égale à zéro au parement aval).

Les mesures de tensions faites avec un compensateur Jamin-Babinet le confirment, comme on le voit sur le graphique (*fig.* 2).

On voit que, *sans tenir compte du poids de l'ouvrage* (ce qui est difficile à reproduire au laboratoire), le maximum de l'effort normal parallèle au parement aval est de 6,9 kg/cm², ce chiffre est trop faible pour pouvoir produire une catastrophe, même en tenant compte de la pression qui peut provenir du poids du barrage (l'effort obtenu au modèle est 3,1 kg/cm², le coefficient de similitude est 1,92).

En raison de différents défauts de notre installation nous avons vérifié la marche de la courbe des efforts en nous servant de l'intégration graphique de l'équation (1). Le graphique nous montre que le caractère de deux

courbes est sensiblement le même (elles ne peuvent pas coïncider exactement, l'une se rapportant au contour, et l'autre aux points éloignés de 2^{mm} du contour).

Le résultat le plus intéressant est fourni par la figure 1. On remarque que la ligne pointillée représentant la ligne de rupture de l'ouvrage [1] appartient à une des familles de lignes isostatiques, lieu des points où les efforts tangentiels sont égaux à zéro. Par conséquent la rupture s'est produite suivant une ligne isostatique, *elle est donc due aux efforts normaux*, ce que les experts ont conclu. D'ailleurs la tangente de la ligne de rupture est loin de former un angle de 45° avec les lignes du contour, ce qui devrait avoir lieu au cas où la rupture serait due au cisaillement.

En raison des efforts normaux assez faibles pour produire une catastrophe sans autres circonstances supplémentaires, nous avons encore étudié les lignes isoclines pour le cas d'une défectuosité de la maçonnerie au voisinage du point de rupture au parement amont. Dans ce but on a fait au point A une très mince entaille de profondeur égale à $\frac{1}{80}$ de la hauteur du barrage. On a pu constater que les lignes isoclines ne diffèrent de celles de la figure 1 qu'au voisinage immédiat de l'entaille et par conséquent que la ligne de rupture appartient, même dans ce cas-là, à une famille de lignes isostatiques, car elles restent sensiblement les mêmes dans les deux cas, sauf au voisinage du point A.

La conclusion que nous tirons de nos expériences peut susciter l'objection suivante : les lignes isostatiques étant obtenues par des efforts ne dépassant pas la limite d'élasticité, conservent-elles leur forme une fois que cette limite est dépassée lors d'une rupture ?

Nous ne croyons pas cette objection fondée.

En effet on sait que la déformation des pierres et des ciments ne suit pas la même loi que celle des métaux et que la limite d'élasticité n'existe pas, leur rupture se produit *brusquement* dans la période élastique, par conséquent nous croyons pouvoir affirmer que les lignes obtenues sont valables tant pour les petits que pour les grands efforts et que la ligne de rupture appartient effectivement à une famille de courbes isostatiques correspondant à la pression hydrostatique exercée sur le contour étudié.

Nous croyons ainsi pouvoir conclure que *la rupture du barrage de Bouzey a été produite par arrachement et non par cisaillement.*

---

[1] La ligne de rupture ainsi que le profil du barrage de Bouzey sont tirés de l'ouvrage de M. Bonnet, *Cours de Barrages*, Paris, 1920.

RELATIVITÉ. — *La notion de la variation de la masse déduite de la seule formule d'addition des vitesses.* Note de M. **Henri Malet**, présentée par M. d'Ocagne.

On sait le rôle capital que joue dans les théories relativistes la formule d'addition des vitesses $v_1 = \frac{v_2 + v_3}{1 + \frac{v_2 v_3}{c^2}}$. Cette formule en effet donne l'explication par elle-même, et sans intervention d'aucune autre hypothèse ou théorie, de la plupart des phénomènes en contradiction avec l'ancienne mécanique : existence d'une vitesse limite, expériences de Michelson et de Fizeau. Nous allons montrer qu'elle entraîne aussi directement pour conséquence la variation apparente de la masse avec la vitesse.

Rappelons que ladite formule peut être postulée *a priori* et que, bien que découlant du groupe de Lorentz, elle ne le suppose pas nécessairement.

Soit en effet un observateur O situé dans un champ de force uniforme, c'est-à-dire qui imprime en tout point à une masse d'épreuve au repos une même accélération initiale. Observant le mouvement d'une masse m_0 partie du repos et abandonnée à l'action du champ, il lui eût attribué, dans l'ancienne mécanique, une loi de mouvement $v = \frac{F}{m_0} t$; en mécanique relativiste il doit lui attribuer une loi de mouvement $v = f(t)$, où f tend vers une limite c pour t infini.

Soient M la position du mobile à l'intant t et v sa vitesse. Considérons un observateur auxiliaire M_1 qui coïncide avec le mobile en M à l'instant t mais qui poursuit son mouvement avec la vitesse constante v. Par rapport à M_1, le mobile s'écarte de lui *partant du repos*, et, si nous admettons que la valeur du champ est toujours F à son égard, M_1 observe une accélération initiale $\frac{F}{m_0}$. Le mobile a donc par rapport à lui à l'instant $t + dt$ une vitesse $\frac{F}{m_0} dt$.

Mais, à $t + dt$, O attribue au mobile la vitesse $v + dv$, et l'on doit avoir

$$v + dv = \frac{v + \frac{F}{m_0} dt}{1 + \frac{v}{c^2} \frac{F}{m_0} dt},$$

$$dv = \frac{F}{m_0} \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) dt;$$

autrement dit, il attribue au mobile une masse apparente (longitudinale) :

(1) $$m = \frac{m_0}{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{m_0}{\lambda^2},$$

si $\lambda = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$.

Dans l'hypothèse einsteinienne du temps relatif, l'intervalle dt' qui pour M_1 correspond à dt est $dt' = \lambda\, dt$, la vitesse relative est $\frac{F}{m_0} dt' = \frac{F}{m_0} \lambda\, dt$ et l'on obtient

(2) $$m = \frac{m_0}{\lambda^3}.$$

La première formule conduirait à la loi du mouvement

(3) $$v = c \operatorname{th}\left(\frac{F}{m_0 c} \log t\right),$$

l'intervention d'une tangente hyperbolique étant à rapprocher de l'expression de la formule des vitesses elle-même qui peut s'écrire

$$\operatorname{arc\,th} \frac{v}{c} = \operatorname{arc\,th} \frac{v_1}{c} + \operatorname{arc\,th} \frac{v_2}{c}.$$

La formule einsteinienne (2) conduit à

(4) $$v = c \sin\left(\operatorname{arc\,tang} \frac{F}{m_0 c}\, t\right).$$

D'autre part, supposons que le mobile M animé de la vitesse v soit soumis, non plus à une force F longitudinale, mais à une force F transversale, lui communiquant au bout de dt une vitesse transversale $w = \frac{F}{m_0} dt$. On sait que dans la composition relativiste d'une vitesse radiale v et d'une vitesse transversale w, cette dernière doit être affectée du coefficient λ (on vérifie aussitôt que $\sqrt{v^2 + \lambda^2 w^2} = \sqrt{v^2 + w^2 - \frac{v^2 w^2}{c^2}}$ a bien c pour limite supérieure). L'observateur O attribue donc au mobile, si le temps est conservé et F constant, une accélération $\frac{F}{m_0} \lambda\, dt$, c'est-à-dire une masse apparente transversale

$$m = \frac{m_0}{\lambda}.$$

Les formules de Lorentz-Einstein conduisent d'ailleurs bien à ce résultat, car le temps dt doit être remplacé par $\lambda dt'$, mais la force doit être affectée d'un coefficient $\frac{1}{\lambda}$, qui découle, dans le cas d'un champ électromagnétique, des équations de Maxwell et qui est étendu par analogie aux champs de force d'une autre nature.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La constitution électrique de l'éther.* Note [1] de MM. **Maurice Le Besnerais** et **Raoul Ferrier**, présentée par M. Paul Painlevé.

Il ne paraît pas possible, d'après les lois ordinairement admises pour l'action mutuelle des particules électrisées de même signe, de concevoir l'éther comme un ensemble de telles particules en équilibre : si l'on considère deux de ces particules A et B, l'action qui tend à les séparer est proportionnelle à leur distance h, et il ne semble pas que cette action puisse être équilibrée par l'influence des particules lointaines, dont l'effet apparaît, dans son ensemble, comme nul.

Or un ensemble de faits nous conduit à admettre que l'énergie du groupe de deux particules électriques, de charge e et de distance r, n'est égale à $\frac{e^2}{r}$, comme le veut la loi de Coulomb, que si leur vitesse relative u, et ses dérivées, sont nulles. Dans le cas général, on a

$$W = \frac{e^2 F(u_1 \ldots)}{r}. \tag{1}$$

Si les accélérations ne sont pas considérables, la fonction F sera une fonction de la vitesse relative u : ce sera, en particulier, le cas du mouvement uniforme ($u = \text{const.}$).

Supposons que l'ensemble des électrons de l'éther possède un très petit mouvement de dilatation, chaque particule ayant une vitesse constante par rapport aux voisines : si la distance des particules est R, cette vitesse est, à un instant donné, λR. On voit aisément que l'énergie d'un tel système ne peut être constante : la variation est d'autant plus faible que la dilatation est plus lente. En pratique, la petite variation de l'énergie correspond à un échange avec la matière disséminée dans l'éther.

---

[1] Séance du 2 février 1925.

Or, si l'on suppose en outre que

$$\int^{\infty} F(u)\,du$$

tend vers une limite finie, chaque électron est soumis seulement à l'influence des particules contenues dans une sphère de très grand rayon, dont il occupe le centre : cette influence est nulle, par raison de symétrie. La résultante des forces appliquées à chaque électron de l'éther est donc nulle. Ce résultat est indépendant de λ, qui peut être considéré comme pratiquement nul, et tout se passe comme si chaque unité de volume contenait une charge positive $= ne$.

Énergie d'une portion d'éther immobile. — Si l'éther contenu entre leurs plans parallèles subit un petit déplacement ε perpendiculaire aux plans, une couche positive de densité superficielle $n\varepsilon e$ apparaît contre l'un des plans, et une couche négative égale contre l'autre. Le champ ainsi créé est

$$H = 4\pi n e \varepsilon.$$

Il est égal au champ capable de produire le déplacement ε. Si l'on calcule l'énergie ainsi emmagasinée dans chaque unité de volume, on trouve

$$W = \frac{H^2}{8\pi}.$$

Le pouvoir inducteur spécifique de l'éther est donc égal à 1.

Propagation des ondes. — Nous montrerons qu'elle s'effectue par vibrations transversales, avec la vitesse de la lumière.

Énergie d'une portion d'éther en mouvement. — L'expérience montre que l'énergie cinétique d'un électron isolé est très petite (quasi négligeable). Ce résultat peut se concevoir, à condition de faire des hypothèses sur la valeur de $F(u)$ et de ses dérivées pour les grandes valeurs de u. En l'absence d'une détermination plus précise de la fonction F, nous nous bornerons à enregistrer ce résultat expérimental.

Par contre, on peut établir que les premiers termes du développement de F sont, sans doute possible :

$$F(u) = 1 - \frac{u^2}{2} + \ldots,$$

l'unité de vitesse étant la vitesse de la lumière.

Il en résulte immédiatement que la masse d'une particule cesse d'être négligeable si cette particule a la même vitesse qu'un certain nombre de ses

voisines : les termes *négatifs* correspondant à leur vitesse relative disparaissent dans le calcul de l'énergie, qui se trouve augmentée.

Pour fixer les idées, considérons une sphère d'éther, de rayon R, solidifiée. Toutes les particules intérieures ont la même vitesse. On trouve que la masse de chacune est proportionnelle à R^2; la masse de la sphère est comme R^5. D'autre part, la force électrique résultant du déplacement ε est, pour l'ensemble de la sphère, comme εR^3.

Si la sphère part du repos, elle prend, par raison de symétrie, un mouvement rectiligne. En comparant la masse à la force, on voit que la fréquence ν du mouvement satisfait à l'équation

$$\nu R = \text{const.},$$

c'est-à-dire que la longueur d'onde est en raison directe du diamètre de la sphère ébranlée.

En réalité, un tel mouvement d'ensemble ne se produit pas effectivement : l'amplitude varie à partir du centre

$$a = A f(\nu R).$$

Mais cette propriété subsiste que l'éther peut vibrer, d'un mouvement propre, autour de sa position d'équilibre, avec une fréquence déterminée par *les seules conditions initiales;* et cette fréquence persiste malgré l'amortissement dû au rayonnement, car le rapport

$$\frac{a}{A}$$

est constant dans le mouvement amorti.

THERMODYNAMIQUE. — *La réalisation des réactions chimiques dans des compresseurs*. Note de M. **Marcus Brutzkus**, présentée par M. L. Lecornu.

Dans une Note précédente ([1]), il a été montré que, du point de vue de l'équilibre chimique, toutes les réactions doivent être produites dans des compresseurs.

Le moteur Diesel est le compresseur le plus parfait qu'une expérience de soixante années ait élaboré pour la réaction de combustion, et il est aussi

([1]) *Comptes rendus*, t., 180, 1925, p. 199.

parfaitement utilisable pour la production de toutes les autres réactions chimiques.

Une partie des corps nécessaires peut être aspirée par le piston. Si ces corps sont des fluides, ils peuvent préalablement être vaporisés. Les autres corps peuvent être successivement ajoutés par injection dans le cylindre, par la soupape de pulvérisation. Sont-ils gazeux, ils peuvent être comprimés préalablement par la pompe auxiliaire dont est muni tout moteur Diesel. Au contraire, s'ils sont liquides, ils peuvent être apportés à la soupape de pulvérisation par la pompe auxiliaire et injectés dans le cylindre par un gaz quelconque à surpression.

Variation de pression par un compresseur. — Si la réaction est liée à une augmentation du nombre des molécules, elle doit être effectuée, selon le principe rappelé précédemment, sous l'influence d'une pression continuellement décroissante. Ceci peut être obtenu en produisant la réaction pendant la course d'expansion; c'est ainsi que s'effectue la réaction de combustion des combustibles liquides qui est aussi liée à une augmentation du nombre des molécules.

Si la réaction est liée à une diminution du nombre des molécules, elle doit être produire, selon notre principe, sous l'action d'une pression continuellement croissante; cela peut être obtenu en produisant la réaction dans la course de compression.

Enfin, si la réaction n'est pas liée à une variation du nombre des molécules, une influence extérieure sur la variation de pression n'a aucune action sur la marche de la réaction; de telles réactions peuvent être effectuées aussi bien dans la course de compression que dans la course d'expansion.

Les variations de la température. — Selon notre principe, les réactions exothermiques doivent s'effectuer sous un refroidissement continuel. Dans un compresseur en forme de moteur Diesel, ceci peut s'obtenir par les moyens suivants :

1° Si la réaction, au point de vue de la variation de pression, s'effectue dans la course d'expansion, l'expansion des gaz suffira pour les bien refroidir.

2° Par l'injection dans le cylindre d'un jet du gaz de haute pression, bien refroidi. Outre sa basse température, c'est aussi par son expansion que ce jet refroidira les gaz dans le cylindre.

3° Par l'évaporation des liquides injectés. Un liquide spécial, par exemple de l'eau, peut être injecté dans le cylindre dans ce but.

4° Par le refroidissement des parois. Les réactions endothermiques doivent, selon notre principe, se produire sous un réchauffement continuel, qui peut être obtenu dans un compresseur en forme de moteur Diesel, de la manière suivante :

a. Si la réaction, au point de vue de la variation de pression, s'effectue dans la course de compression, la chaleur de compression sera souvent suffisante pour ce but.

b. Par le réchauffement des parois.

c. Par l'injection d'un jet de gaz chauds.

Dans l'un ou l'autre cas, les moyens cités peuvent être employés simultanément.

Variation des concentrations. — Elle peut être obtenue par l'injection dans les cylindres des corps correspondants. Mais la production des réactions chimiques dans des compresseurs en forme de moteur Diesel, outre la possibilité de faire varier les facteurs de l'équilibre chimique, a d'autres grands avantages sur les méthodes actuellement employées :

1° Ce mode de production, donnant la possibilité d'imprimer une impulsion aux réactions, permettra de remplacer par cette impulsion celle que donne un catalyseur. Alors, on ne sera plus obligé de travailler avec des corps chimiques purs, ce qui simplifiera considérablement toutes les productions technologiques.

2° Seul un compresseur donne la possibilité d'exposer des corps à de très hautes températures (3000° C. et encore plus), et simultanément à de très hautes pressions. Cette possibilité est d'une grande importance, et elle n'était pas utilisée jusqu'ici. Dans le cas d'un compresseur, on peut utiliser les formules de compression adiabatique.

Pour aboutir à une température finale $T_2 = 200°$ C., 2500° C., 3000° C., la température initiale des gaz aspirés doit être choisie $T_1 = 511°$ C., 683° C., 856° C. En même temps nous pouvons obtenir toute haute pression finale voulue en choisissant la pression initiale correspondante.

Il faut remarquer que, si de grandes pressions finales ne sont pas nécessaires, on peut arriver à des températures très hautes avec un faible travail de compression en choisissant la pression initiale beaucoup plus basse qu'une atmosphère.

3° Pour des réactions suffisamment exothermiques, l'appareil fonctionnera automatiquement sans dépense d'énergie à l'extérieur. Même en beaucoup de cas, de l'énergie mécanique pourra être recueillie comme produit secondaire.

4° Comme on le sait, souvent des réactions faites au laboratoire ne sont pas encore des procédés industriels. Ici chaque expérience réussie est en même temps un procédé industriel.

Pour faire les premières expériences, il ne faut pas construire un appareil nouveau. On peut, pour ce but, utiliser un moteur Diesel, souvent sans changements.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la structure du spectre de lignes de l'oxygène ionisé.* Note de M. F. Croze, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Note précédente j'ai donné la description de six multiplets appartenant au spectre de l'oxygène ionisé (O^+) et résultant de combinaisons entre deux systèmes de *termes quadruples*. Ce spectre contient aussi des combinaisons entre *termes doubles*. Les tableaux suivants donnent les plus importantes de ces combinaisons qui se trouvent dans la région visible du spectre (¹).

Multiplet $p^2p'^2$.

9		6	
3973,266		3945,033	p'^2_1
25261,12	180,07	25341,19	
59,75		59,83	$\Delta p'^2_{12}$
6		7	
3982,725		3954,368	p'^2_2
25101,37	179,99	25281,16	
p^2_1	Δp^2_{12}	p^2_2	

Multiplet pd.

10			
4414,888			d^2_1
21644,30			
189,9			Δd^2_{12}
3		9	
4452,23		4416,974	d^2_2
22454,4	179,2	22633,60	
p^2_1	Δp^2_{12}	p^2_2	

(¹) A. Fowler avait déjà signalé, sans d'ailleurs préciser autrement, l'existence de six doublets de longueur $\Delta\nu = 179,9$ (*Report on series in line spectra*, p. 166).

Multiplet $p'd'$.

6			
4943,27			$d_1'^2$
20224,3			
51,6			$\Delta d_{12}'^2$
1		4	
4955,83		4941,04	$d_2'^2$
20172,7	60,3	20233,0	
$p_1'^2$	$\Delta p_{12}'^2$	$p_2'^2$	

Les résultats relatifs aux spectres de l'oxygène et de l'azote ionisé qui sont contenus dans cette Note et dans deux Notes précédentes [1] sont fondés sur les mesures de longueurs d'onde qui ont été réunies par Kayser [2] et sur celles plus récentes, mais malheureusement peu nombreuses, qui ont été faites par Clark [3]; ils ont été obtenus en appliquant les règles de Landé à des mesures de l'effet Zeeman dans un champ magnétique d'environ 24000 gauss, faites, en 1913, au laboratoire de M. Cotton, sur des spectres fournis par le troisième et le quatrième ordre d'un réseau Rowland de 4 pouces de largeur et de $3^{m},14$ de rayon, monté sur un collimateur. Pour aller plus loin dans la détermination de la structure de ces spectres, il est nécessaire de faire des mesures plus précises et plus complètes des longueurs d'onde de leurs différentes raies et d'étudier leur effet Zeeman dans des champs plus intenses avec des spectroscopes de plus grande dispersion.

PHYSIQUE APPLIQUÉE — *Nouvelle méthode d'examen de l'intérieur des perles.* Note [4] de M. B. **Szilard**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Divers auteurs ont essayé de caractériser les perles selon la structure de leur intérieur et de distinguer ainsi la perle naturelle de celle à noyau de nacre obtenue par culture.

Nous avons imaginé une méthode pratique et simple permettant de voir *naturellement* et directement dans l'intérieur des perles.

(1) F. Croze, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1603; t. 180, 1925, p. 277. Dans cette dernière Note l'intervalle Δd^{4}_{34}, dans le multiplet $d^4 f^4$ de l'oxygène, est égal à 55,6 et non à 58,6 comme il a été marqué par erreur.

(2) H. Kayser, *Handbuch der Spektroskopie*, t. 5, 6, 7.

(3) J.-S. Clark, *The Astrophysical Journal*, t. 40, 1914, p. 334.

(4) Séance du 2 février 1925.

Ce procédé permet donc de rendre l'intérieur de la perle ou celui de beaucoup de matières analogues, opaques (nacre, os, fibres, bois, cuirs, minerais, êtres vivants, etc.) accessible aux observations macroscopiques ou microscopiques.

Le principe de la méthode consiste à observer la matière noyée dans un liquide d'un indice de réfraction convenablement choisi et très fortement illuminée par en dessous, au moyen d'une lumière condensée; le rôle du liquide est d'empêcher la réflexion par la surface; les rayons ne déviant plus arrivent à pénétrer dans l'*intérieur* de l'objet.

Appareil. — Une cuvette démontable en métal complètement noircie a ayant pour fond une plaque de quartz à face plane parallèle b, peut recevoir des diaphragmes c

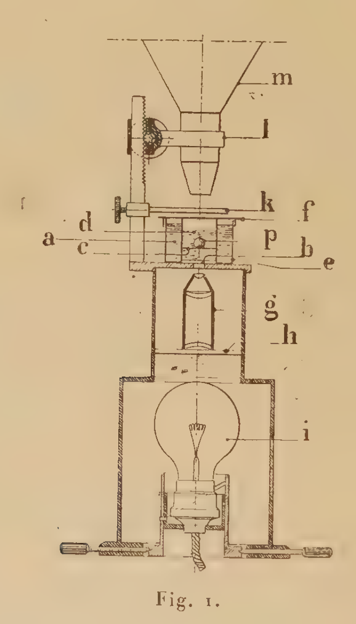


Fig. 1.

sur lesquels on place la perle d à examiner. On remplit la cuvette avec de l'huile de cèdre épaisse. L'espace annulaire e est rempli d'eau.

Un condensateur g permet de concentrer les rayons à la hautenr voulue. Une cuve d'eau h permet d'éviter un échauffement démesuré dû à la lampe l.

Au moyen du support k on peut monter des loupes ou objectifs s'immergeant complètement dans le liquide et une coulisse l sert à supporter l'appareil stéréoscopique m. Enfin des écrans sélecteurs pouvant être intercalés en h ou en f permettent de rendre la lumière plus ou moins monochromatique et selon la nature de l'écran de mettre plus ou moins en évidence certaines caractéristiques colorées ou d'en absorber d'autres.

Observations. — En faisant tomber une perle sur le diaphragme c, malgré le

fort éclairage on n'aperçoit qu'une faible lucidité sans détails de structure; mais on est frappé par la richesse de couleurs et de dessins dès que l'on immerge l'objet dans de l'huile de cèdre.

Sur les perles de toutes provenances on observe un noyau central plus ou moins défini entouré d'une série de couches concentriques plus ou moins régulières et ayant des épaisseurs et couleurs très variables.

Nous avons examiné par cette méthode un très grand nombre de perles de provenances diverses et sûres.

Résultats. — Par cette méthode nous avons pu mettre en évidence dans le noyau d'un certain nombre de perles, des stries parallèles, n'atteignant pas la surface, mais s'éteignant à la limite même du noyau. Ces stries constituent des caractéristiques optiques de la nacre. Elles correspondent à la coupe perpendiculaire des couches de nacre, naturellement parallèlement superposées et ayant des opacités et souvent des couleurs très diverses.

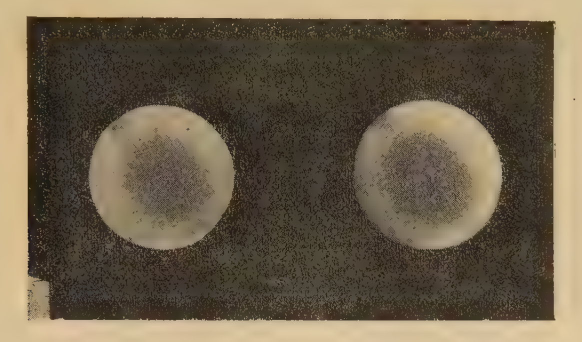


Fig. 2.

En tournant la perle de 180° autour du même axe, on retrouve à peu près, ou souvent décalée (selon la formation successive des couches), la même image. Par contre, en faisant l'examen perpendiculairement [1] aux couches, on rencontre une plage plus ou moins uniforme et très opaque par rapport à l'image précédente due aux propriétés caractéristiques de la nacre que nous avons déjà mentionnées.

Conformément à ce que l'on pouvait attendre, ces stries n'existent en aucune sorte dans des centaines de perles naturelles parallèlement examinées et elles constituent ainsi un indice certain de l'origine : la culture au moyen des noyaux de nacre.

(1) Un dispositif que nous avons réalisé permet d'exécuter des rotations et de repérer les caractéristiques sans toucher à la perle.

Documents. — Les photographies ci-jointes permettent de se rendre compte de l'importance de ces caractéristiques dans les perles de culture et d'en constater l'absence dans les perles d'Orient choisies comme témoins.

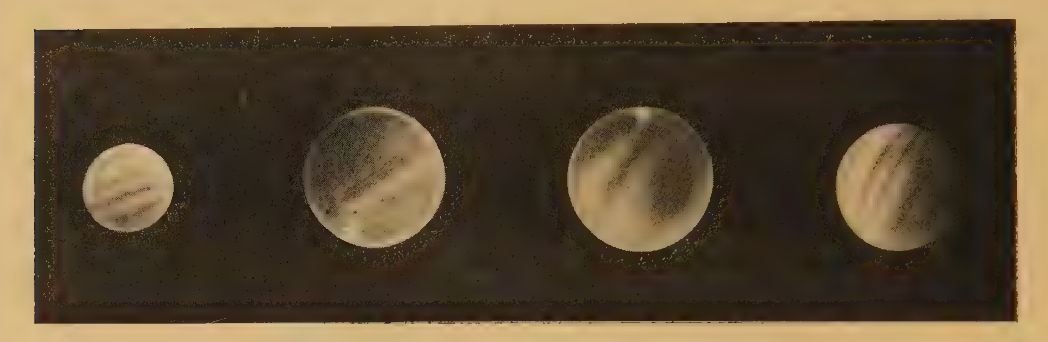


Fig. 2 *bis*.

En résumé, notre procédé optique permet de voir directement dans toute la masse de la perle; l'image visible peut être photographiée et étudiée par quiconque en vue d'en dégager et interpréter les caractéristiques.

Seules les perles à noyau de nacre donnent des stries spéciales dans le centre; l'identification de ces perles est donc certaine. Les photographies obtenues permettent de fournir un document indiscutable, de mesurer en même temps l'importance du noyau de nacre par rapport aux couches concentriques perlières.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur les particules de long parcours du polonium.* Note de M. **Nobuo Yamada**, présentée par M. G. Urbain.

Les particules de long parcours émises par les substances radioactives ont été récemment très étudiées. Celles du polonium ont été étudiées par Bates et Rogers (1) : ils ont trouvé trois nouveaux groupes de particules α de parcours $6^{cm},1$, $10^{cm},0$ et $13^{cm},1$ dans l'air à 760^{mm} de pression et à 15°C. et dans la proportion de 9, 8, 5,1 et 2.1 respectivement, pour 10^6 particules α de $3^{cm},9$ de parcours.

J'ai recommencé ce travail à l'Institut du Radium. Le polonium utilisé est préparé à partir du dépôt actif à évolution lente provenant de radon. Il est déposé sur des disques métalliques de 3^{mm} de diamètre. Le dispositif

(1) *Proc. Roy. Soc.*, A, t. 105; 1924, p. 360.

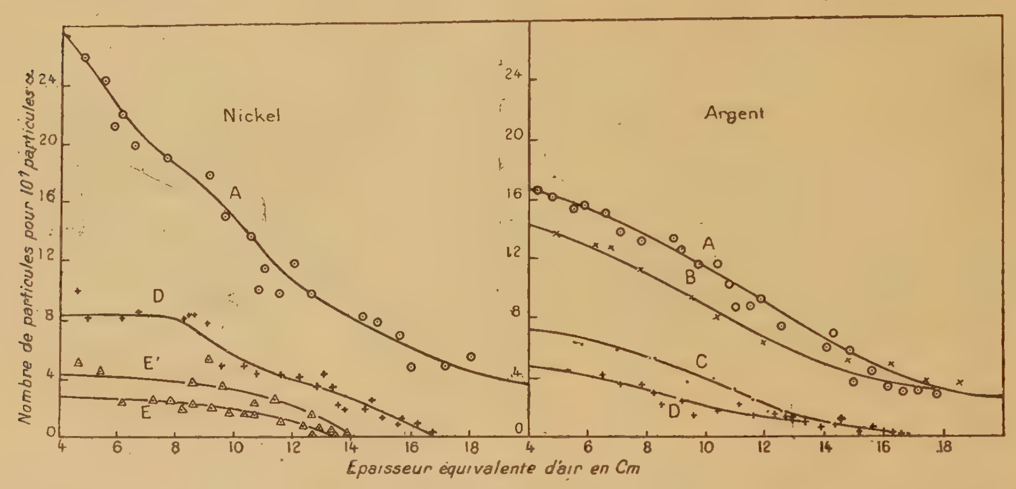
expérimental est celui qui est couramment employé pour la méthode de scintillation. La source de polonium est toujours placée à la distance de $9^{mm},6$ d'un écran au sulfure de zinc, que l'on vise avec un microscope (grossissement environ 10 et champ 7^{mm^2}). Sur la source on place un écran d'aluminium ou d'or, et par-dessus on ajoute successivement neuf écrans auxiliaires d'aluminium de diverses épaisseurs.

Pour déterminer le rapport du nombre de particules de long parcours au nombre de particules α de parcours ordinaire, on compte le nombre de particules α émises par une source de même forme, de mêmes dimensions et placée de la même manière que les sources utilisées dans les expériences, mais d'activité très faible. L'activité (courant de saturation qui correspondrait à l'ionisation totale produite par la source) est mesurée directement dans le cas de la source faible; celle de la source forte est mesurée au moyen d'un appareil spécial; elle varie, selon les sources, de 2000 à 8000 U.E.S. Le rapport du nombre de particules de long parcours de la source forte, au nombre de particules de parcours ordinaire de la source faible, joint au rapport de l'activité des sources, permet de calculer le rapport du nombre de particules de long parcours aux particules de parcours ordinaire émises par la source forte.

Dans la figure suivante la variation du nombre de particules en fonction de l'épaisseur des écrans traversés (exprimée en épaisseur équivalente d'air) est donnée pour diverses conditions expérimentales. On a déposé le polonium sur trois sortes de métaux : le nickel, le cuivre et l'argent. Les courbes données ci-après sont relatives au dépôt sur nickel et sur argent.

On voit que le nombre de particules de long parcours trouvé dans la présente expérience est considérablement inférieur au nombre trouvé par Bates et Rogers, environ dix fois plus faible d'après la courbe A, cent fois plus faible d'après la courbe E. En outre, on voit que le nombre de particules de long parcours diminue quand on s'efforce d'éliminer les gaz occlus dans les métaux et la vapeur d'eau. Par conséquent, on doit conclure que presque toutes les particules de long parcours observées dans l'expérience A sont émises par les écrans employés, les métaux sur lesquels on dépose le polonium, et l'air ambiant. Bates et Rogers ont déposé le polonium sur du cuivre et ils ne semblent pas avoir pris de précautions spéciales pour éliminer les gaz occlus. D'autre part, ils ont employé des écrans de mica, et des essais que j'avais faits avec de tels écrans semblent prouver que le mica émet un grand nombre de particules sous l'action des rayons du

polonium; on doit conclure que les particules qu'ils ont observées venaient pour la plupart du mica et du cuivre.



Courbe A : Un écran d'aluminium d'épaisseur équivalente à $2^{cm},98$ d'air est placé à 1^{mm} au-dessus de la source.

Courbe B : Le même écran est mis directement sur la source.

Courbe C : Un écran d'or d'épaisseur équivalente à $3^{cm},83$ d'air est mis directement sur la source.

Courbe D : Le métal sur lequel le polonium est déposé avait été chauffé dans le vide à la température de 700° C. avant le dépôt; mêmes conditions que C.

Courbe E : La source de D a été desséchée sur P^2O^5 dans le vide, ainsi que l'écran d'or.

L'aspect de la variation du nombre de particules en fonction du parcours résulte de la superposition des courbes de décroissance du nombre de particules correspondant à chacune des causes d'émission (particules venant de l'écran, particules venant du métal, etc.); il est probable que le nombre de celles qui proviennent d'une cause décroît régulièrement avec l'épaisseur équivalente d'air, sans qu'il y ait aucun parcours défini, mais la courbe qui résulte de l'addition de plusieurs lois de variation régulière peut présenter des changements d'allure assez brusques, pouvant faire croire à l'existence de parcours définis.

La luminosité des scintillations provenant des particules de long parcours semble plus faible que celle que l'on devrait attendre de particules α du même parcours. Ceci fait supposer que même le petit nombre de particules de la courbe E ne sont pas des rayons α.

Les particules, qui ont disparu après les opérations destinées à éliminer les gaz occlus et la vapeur d'eau, sont probablement des rayons d'hydrogène, projetés par le bombardement des rayons α. Les particules qui sub-

sistent dans la courbe E (leur parcours est de 10 à 14^{cm} dans l'air), au nombre de 3 ou 4 pour 10^7 particules α de parcours ordinaire, proviennent peut-être du polonium lui-même, bien qu'on ne puisse l'affirmer. Des expériences sont en cours pour éclaircir cette question.

PHYSICO-CHIMIE. — *Propriétés physico-chimiques de la gélatine : le pouvoir rotatoire*. Note (¹) de MM. **Fred Vlès** et **Edmond Vellinger**, présentée par M. A. Haller.

Les recherches de Loeb ont établi que les variations des propriétés physico-chimiques des protéiques sont liées au P_H. Il faut remarquer que les propriétés étudiées à ce sujet (conductivité, viscosité, pression osmotique, liaison avec les électrolytes, etc.) sont toutes sous la répercussion la plus directe des processus d'ionisation, et ont des chances de traduire le plus immédiatement les équilibres de dissociation; il est donc nécessaire de se demander si le problème s'arrête là, et si sous les modifications en quelque sorte superficielles à la dissociation il n'y en a pas en réalité de plus profondes, pénétrant plus intimement la structure de la molécule. Nous avons à cet effet entrepris d'étudier en fonction du P_H des propriétés telles que le pouvoir rotatoire, l'absorption ultraviolette, la réfraction moléculaire. Dans la présente Note nous étudierons le pouvoir rotatoire de la gélatine observée dans les conditions des expériences de Loeb.

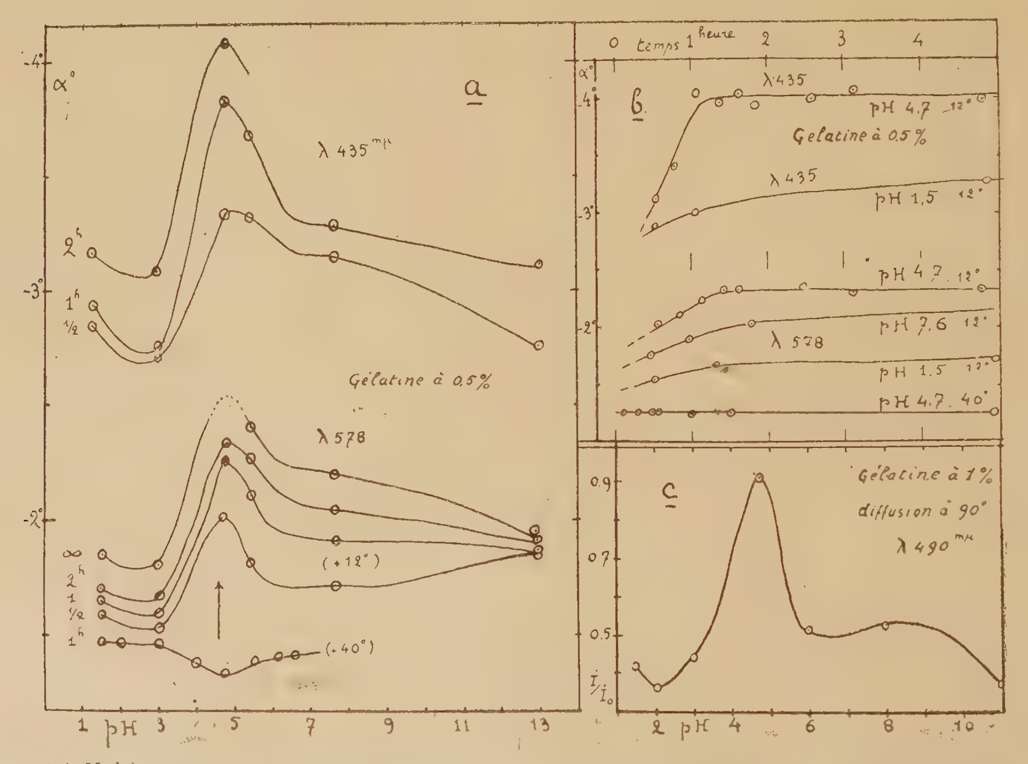
Préparation. — Les gélatines ont été préparées en passant par la gélatine isoélectrique et en suivant exactement les données de Loeb (²) (gélatine en poudre traitée par l'acide acétique $\frac{M}{128}$, lavée, puis chauffée à 50° pour fusion en masse. Les gélatines d'autres P_H sont préparées à partir de gélatine isoélectrique par dissolution du gel à 40° et addition à cette température de HCl ou $NaOH$); mesures potentiométriques du P_H sur la solution à froid ou à 40°, suivant les expériences.

L'examen du pouvoir rotatoire de la gélatine, qui soulève tout une série de problèmes techniques compliqués, a nécessité l'étude accessoire des propriétés de la lumière diffusée en fonction du P_H, celle de la multirotation en fonction de la température, et celle aussi de la dispersion rotatoire.

(¹) Séance du 2 février 1925.

(²) Loeb, *Proteins and the Theory of colloïdal behavior*, 1re édition, 1922, p. 35. Mc Graw-Hill Cy, New-York.

1° *Diffusion.* — Pour tenir compte de causes éventuelles d'erreurs pouvant provenir d'une polarisation par diffusion dans le milieu trouble de la gélatine, fortement opalescente pour certains P_H et certaines concentrations, on a étudié au néphélomètre la diffusion et la polarisation de la lumière diffusée (λ 490, photomètre Yvon modifié). Comme il fallait s'y attendre, la lumière diffusée présente à la température ordinaire un maximum au point isoélectrique 4,7, et des minima vers P_H 2,6 et 13 (courbe *c* de la figure); la polarisation, pouvant atteindre 60 pour 100 à 90°, décroît et devient pratiquement négligeable (moins de 5 pour 100) pour la diffusion axiale, ce qui est conforme aux données de Mie pour des milieux troubles d'autre nature.



a et *b*. Multirotation de la gélatine en fonction du P_H otation α de solutions à 0,5 pour 100 en tubes de 20cm, pour λ 578 et 435, températures de 12 et 40°); *c*. Lumière diffusée à 90° × 10² (I, lumière diffusée I_0, lumière incidente), en fonction du P_H.

2° *Multirotation.* — A la température ordinaire (12-18°) l'échantillon récemment préparé évolue pendant les premières heures, comme l'ont vu Trunkel et Smith; mais cette évolution est fonction du P_H. Le pouvoir rotatoire (négatif) croît, en valeur absolue, plus rapidement au point iso-

électrique. La pente initiale est plus grande à courte longueur d'onde (λ434) et à faible température. Par contre, pour des échantillons conservés et observés à la température initiale du gel (40°), la variation avec le temps est pratiquement nulle au point isoélectrique pendant les premières heures. L'évolution à froid en fonction du P_H aboutit, dans les produits finaux, à un fort maximum en valeur absolue du pouvoir rotatoire vers P_H 4,7 encadré de deux minima, l'un vers P_H3, l'autre vers les forts P_H; comme la rotation elle-même, il est plus accentué en lumière bleue qu'en lumière jaune; ce maximum augmente en fonction du temps, et l'état initial des échantillons, obtenu par extrapolation des courbes, doit correspondre à un faible minimum de la rotation au point isoélectrique. Effectivement des mesures de P_H faites à 40°, en parallèle avec des mesures de rotation à cette température, montrent un léger minimum de rotation vers P_H 4,7.

Il semble donc que la multirotation ne soit, comme l'avait entrevu Smith, que la transformation lente à froid d'un système de formes stables existant vers 40° en un système stable à basse température, l'atteinte de ce dernier équilibre étant retardée par la viscosité du système froid. L'aboutissement final de la transformation paraît indépendant du chemin suivi par le refroidissement, si le temps donné à l'équilibre est suffisant. Le développement du maximum de rotation à froid se fait parallèlement au développement de l'opalescence, de sorte que la transformation de l'équilibre à chaud en équilibre à froid s'accompagne d'une modification de structure physique.

3° *Rotation en fonction du* P_H. — La rotation en fonction du P_H présente donc une valeur singulière au point isoélectrique, maximum pour une température de 12-15°, minimum pour 40°. On pourrait songer à expliquer l'existence du maximum par l'intervention de la structure physique du système, en supposant que pour la phase dispersée l'état particulaire est capable de masquer l'action moléculaire sur la lumière polarisée, et que la rotation de la phase interparticulaire reste seule en jeu; mais il faudrait admettre que la substance ainsi éliminée de la lumière polarisée est dextrogyre : or aucun des essais de fractionnement de la gélatine (Smith, Lloyd, etc.) n'a jusqu'ici isolé de fractions droites. D'autre part des corps actifs non protéiques, comme l'acide tartrique, ou la nicotine [1], présentent en fonction du P_H une variation progressive de la rotation, qu'on pourrait supposer en première approximation représenter un équilibre entre une molécule indissociée et ses ions, possédant des rotations inégales. Il faudrait, pour expli-

---

[1] Mlle J. Liquier, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 269.

quer le comportement de la gélatine, supposer le schéma d'un ampholyte dont chacune des valences serait susceptible de donner lieu à des modifications de ce type, le résidu de dissociation ayant à froid une plus forte rotation que les formes dissociées.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le glycol* $CH \equiv C - CHOH - CH^2OH$. Note de M. **Lespieau**, présentée par M. Haller.

Dans une précédente Note [1] j'ai indiqué comment, par une action ménagée de l'aldéhyde monochlorée sur le dérivé magnésien mixte de l'acétylène, on pouvait obtenir la chlorhydrine

$$CH \equiv C - CHOH - CH^2Cl.$$

Partant de celle-ci je suis arrivé au glycol correspondant en passant par son oxyde d'éthylène.

L'oxyde

$$CH \equiv C - \underset{\quad\diagdown\,O\,\diagup}{CH - CH^2}$$

est un liquide incolore, d'une odeur forte rappelant beaucoup celle de l'oxyde mixte de méthyle et de propargyle. Il bout à 86°-87° sous 760^{mm} et cristallise quand on le refroidit par un jet de chlorure de méthyle. A 23° sa densité égale 0,945 et son indice, pour la raie D, 1,427, ce qui implique une réfraction moléculaire égale à 18,47, la théorie exigeant 18,21. Cet oxyde précipite le nitrate d'argent alcoolique et le chlorure cuivreux ammoniacal. On en obtient 8^g à 9^g quand à 23^g de chlorhydrine, additionnée de 4^{vol} d'éther, on ajoute par très faibles portions, et en agitant chaque fois, 15^g de potasse sèche pulvérisée finement. Une heure après l'addition finale on filtre et l'on distille le filtrat.

Le glycol

$$CH \equiv C - CHOH - CH^2OH$$

est un solide cristallisé fondant à 39°,5-40°,5. On l'obtient avec un rendement de l'ordre de 90 pour 100 en maintenant à 100° pendant 20 heures le bas d'un tube scellé contenant 8^g de l'oxyde d'éthylène précédent et 14^g d'eau. On agite de temps en temps; l'oxyde, qui surnage d'abord,

---

[1] *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1606.

disparaît à la vue en une dizaine d'heures avec contraction de l'ensemble. On chasse l'eau à 30° par distillation dans le vide, le glycol reste alors dans le ballon sous forme d'un liquide épais qui cristallise par refroidissement à la température ambiante, formant une masse compacte. Après lavage avec un peu d'éther il est complètement pur. Il est d'ailleurs soluble moyennement dans ce solvant qui, par évaporation, l'abandonne cristallisé; beaucoup des cristaux ainsi obtenus ont l'aspect de triangles paraissant équilatéraux; ils sont légèrement déliquescents.

Ce glycol, en solution dans l'alcool, précipite le nitrate d'argent alcoolique, mais l'addition d'un peu d'eau fait disparaître le précipité, qui réapparaît par une nouvelle addition d'alcool. Le nitrate d'argent ammoniacal ne précipite qu'en présence d'alcool (il y a ultérieurement production d'argent métallique). Quant au chlorure cuivreux ammoniacal, quelles qu'aient été les proportions des deux corps mis en œuvre, il n'a pas donné de précipité. Ce fait m'avait conduit à douter de la formule que j'attribuais au composé que j'étudiais, mais il était difficile de lui en attribuer une autre. En effet une cryoscopie acétique (abaissement 0°,54) lui attribuait 88 pour poids moléculaire, et l'analyse indiquait : carbone 56,27, hydrogène 7,02; il fallait 86; 55,81; 6,97.

Pour établir, dans ce corps, l'existence de deux fonctions alcool je l'ai attaqué par l'isocyanate de phényle (2g,49 pour 0g,867); le mélange, chauffé dans un petit tube scellé au bain-marie, se parsema de cristaux après quelques heures; au bout de 10 heures tout liquide avait disparu. Comme on n'avait obtenu qu'un corps, et qu'on avait mis en jeu une molécule du corps suspecté pour deux de carbanile, on avait donc bien affaire à un glycol. La diphényluréthane brute, ainsi préparée, fond de 130° à 133°, elle se dissout assez bien dans le benzène bouillant d'où, par refroidissement, elle se dépose en poussière cristalline fondant à 134°-134°,5. Pour un abaissement de 0°,15 une cryoscopie acétique assigne à celle-ci un poids moléculaire 333, la théorie voulant 324. Cette uréthane, dissoute dans l'éther, donne, avec le chlorure cuivreux ammoniacal, un précipité jaune pulvérulent.

On peut titrer le glycol acétylénique par le brome en solution chloroformique tiède. La décoloration se poursuit jusqu'au moment où l'on a ajouté deux atomes d'halogène, après la coloration reste orangée. En évaporant alors le chloroforme à l'air, on voit apparaître des cristaux que l'on purifie en les dissolvant dans du benzène bouillant, par refroidissement il se dépose une poudre cristalline fondant à 47°-48°; l'évaporation du

solvant fournit le même corps en jolies aiguilles prismatiques. On y a trouvé 65,71 pour 100 de brome au lieu de 65,04; une cryoscopie acétique pour 0°,24 d'abaissement a donné 254, théorie 246.

On a donc ici un corps acétylénique vrai qui ne donne pas de précipité avec le chlorure cuivreux ammoniacal, probablement non pas parce qu'il ne réagit pas, mais parce que, grâce sans doute à la présence de ses deux oxhydriles, le composé formé est soluble dans l'eau. Il en est de même avec le nitrate d'argent ammoniacal; nous sommes donc conduit à admettre que ces deux réactifs si classiques peuvent se trouver en défaut quand il s'agit de reconnaître si un corps est acétylénique vrai.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'octohydro-phénazine.* Note (¹) de M. **Marcel Godchot**, présentée par M. Haller.

L'α-monochloro-cyclohexanone, préparée pour la première fois par Bouveault et Chereau par chloruration directe de la cyclohexanone (²), peut s'obtenir aujourd'hui avec un excellent rendement par le procédé à la chloro-urée de M. Dœteuf. Cette substance, fusible à + 23°, est susceptible de réagir avec l'ammoniaque et la présente Note a pour but de faire connaître les résultats obtenus dans cette réaction.

En saturant à froid par le gaz ammoniac sec une solution de 28g de cétone dans 200g d'alcool absolu et en abandonnant le tout pendant 24 heures, on constate le dépôt de 8g de chlorhydrate d'ammoniaque; on essore ce sel et l'on évapore la solution alcoolique; on traite le résidu par une solution étendue d'acide chlorhydrique qui dissout la base engendrée. Après l'avoir débarrassée par une agitation à l'éther, des produits neutres constitués surtout par de la cétone chlorée n'ayant pas réagi, cette solution est alcalinisée par une lessive étendue de potasse. La base se précipite (8g). Par cristallisation dans l'acétone, on l'obtient sous forme de magnifiques prismes, tricliniques, fusibles à 107°-108°, légèrement jaunâtres et possédant une belle fluorescence bleue en solution. Ce composé est doué d'une très grande stabilité.

(¹) Séance du 2 février 1925.

(²) *Comptes rendus*, t. 142, 1906, p. 1086.

L'analyse élémentaire, la cryoscopie dans le benzène (poids moléculaire trouvé : 185 au lieu de 188), les différentes propriétés chimiques permettent d'affirmer que l'action de l'ammoniaque sur l'α-monochloro-cyclohexanone conduit à la formation de l'octohydro-phénazine $C^{12}H^{16}N^2$ et l'on peut rendre compte de sa genèse de la façon suivante :

CH²
H²C C=O
H²C CH Cl + 2 NH³ =
CH²

CH²
H²C C=O
H²C CH—NH² + NH⁴Cl
CH²

CH² CH²
H²C C=O H²N—HC CH²
+
H²C CH—NH² O=C CH²
CH² CH²

= 2 H²O +

H²C N CH²
H²C C HC CH²
H²C CH C CH²
CH² N CH²

Cette décahydrophénazine s'oxyde spontanément en perdant deux atomes d'hydrogène pour donner finalement l'octohydrophénazine possédant l'une ou l'autre des formules de constitution suivantes, rappelant celles attribuées à la phénazine :

H²C N CH²
H²C C C C²H
H²C C C CH²
CH² N CH²

ou

CH² N CH²
H²C C C CH²
H²C C C CH²
CH² N CH²

Signalons, du reste, que cet octohydrophénazine avait été déjà entrevue, en 1922, par M. Guiseppe Plancher qui l'avait obtenue accessoirement en faisant réagir, d'après la méthode de Hantzsch, l'ammoniaque aqueuse sur un mélange de chlorocyclohexanone et d'éther acétylacétique, en vue de préparer le tétrahydro-α-méthylindol.

L'octohydrophénazine, en solution tétrachlorocarbonique, fixe deux atomes de brome pour donner un dérivé dibromé, $C^{12}H^{16}N^2Br^2$, constitué par de belles aiguilles rouge orangé, fusibles vers 70° en se décomposant.

En solution alcoolique, cette base donne avec une solution saturée d'acide picrique un picrate $[C^{12}H^{16}N^2 + C^6H^2.OH.(NO^2)^3]$, formé par de petits mamelons jaunes, fusibles à 167-168°.

Traitée en solution aqueuse chlorhydrique, cette base donne avec une

solution chlorhydrique de chlorure de platine un précipité cristallisé jaune orangé, constitué par le chloroplatinate $[C^{12}H^{16}N^2.HCl]^2.PtCl^4$ (Pt pour 100 : 24,94; calculé : 24,95).

Chauffée pendant six heures en tube scellé, à 100°, avec de l'iodure de méthyle et de l'alcool méthylique, l'octohydrophénazine donne naissance à l'iodométhylate, $C^{12}H^{16}N^2.CH^3I$, prismes vert violacé commençant à fondre en se décomposant vers 150°.

Enfin, si à une solution de la base dans l'alcool absolu, on ajoute de l'acide chlorydrique gazeux et sec et si l'on précipite ensuite par l'éther absolu, on obtient des cristaux prismatiques qui, purifiés par recristallisation dans l'alcool absolu, sont fusibles à 116°-117°. Ces cristaux ont la composition du chlorhydrate $C^{12}H^{16}N^2.HCl$.

Dans l'espoir d'obtenir les homologues monométhylés de la phénazine octohydrogénée, nous avons fait réagir l'ammoniaque comme précédemment sur la méta-méthylcyclohexanone monochlorée et sur la paraméthylcyclohexanone monochlorée. Ces essais ne nous ont donné aucun résultat satisfaisant : on obtient des composés basiques, mais ceux-ci se présentent sous la forme d'huiles épaisses, indistillables même dans le vide et constituées vraisemblablement par des produits de condensation très avancée dont l'étude nous a paru impossible.

MINÉRALOGIE. — *Sur la formation de l'ambre mat naturel.*
Note de M. **Charles Chéneveau.**

Les expériences précédemment décrites ([1]) sur les milieux troubles solides résineux peuvent donner quelques indications sur la formation de l'ambre mat naturel.

Les gisements d'ambre les plus importants, dont je m'occuperai seulement dans cette Note, sont situés au voisinage de Kœnigsberg, dans des couches de « terre bleue » appartenant aux terrains oligocènes et constituant le fond de la mer Baltique. On admet qu'ils ont été produits par des coulées de résine provenant d'un conifère aujourd'hui disparu, le *Pinus succinifer*, formant dans cette région de vastes forêts. L'origine de l'ambre

---

([1]) *Comptes rendus*, t. **180**, 1925, p. 136.

transparent est donc superficielle, et la meilleure preuve, c'est qu'il contient souvent des insectes qui se sont englués au moment de la coulée.

On peut attribuer la matité du succin à des phénomènes d'oxydation, mais aussi à ce fait que l'ambre transparent a été en contact avec de l'eau à une température permettant au moins de le rendre plastique.

De nombreux échantillons de cette substance montrent non seulement l'existence de sphérules et du sillage tracé par leur déplacement, mais la présence d'eau dans les globules superficiels peut être décelée par l'éosine. La forme sphérique, plutôt qu'ellipsoïdale, de ces gouttes, leurs dimensions, n'indiquent ni une très grande pression, ni une température très élevée, ni, par conséquent, une très grande cohésion au moment de leur formation. D'ailleurs, si la matière avait été décomposée, par fusion à l'air, les bulles, dues à cette décomposition spontanée, l'auraient laissée transparente et non laiteuse.

J'ai fait quelques essais sur des colophanes de formation récente, provenant de pins maritimes.

J'ai pu rendre mate à 50° environ, sous la pression atmosphérique, une colophane d'un mois qui devient déjà superficiellement plastique dans l'eau à 40°. La méthode de cuisson dans l'eau colorée à l'éosine a montré la présence, à la surface de la résine, de gouttes d'eau et de leur sillage. La colophane fondue devient rapidement mate par formation d'une émulsion produite par une infinité de gouttes d'eau dispersées dans la résine, mais elle a changé de forme, s'est décomposée, et n'est plus comparable à la matière naturelle. Une colophane plus ancienne (1 an) paraît matir à une température un peu plus élevée.

Dans les mêmes conditions, une gomme de pêcher ou de cerisier, plus ou moins récente, ne matit pas, mais gonfle et forme un gel. L'influence de la constitution chimique apparaît donc nettement, la gomme de pin contenant des terpènes et acides polyterpéniques, et la gomme de cerisier ou de pêcher étant formée par des hydrates de carbone; la dispersion de l'eau n'est plus la même dans ces matières, certainement à cause de leur différence de solubilité dans ce liquide.

Une résine nouvelle paraît donc se comporter comme une résine fossile, du point de vue de sa matité par l'eau, mais à une température et sous une pression beaucoup plus basses, et la production de cette opacité sera d'autant plus lente que ces grandeurs seront plus petites.

Il est alors permis de supposer qu'à l'époque tertiaire, l'influence de la

température des régions baltiques, alors tropicales, jointe d'ailleurs à l'action du temps qui a fait largement son œuvre, ait suffi à rendre mat l'ambre transparent, à la pression atmosphérique, en présence d'eau qui vraisemblablement venait du sol où la résine avait coulé. C'est ce que je tenais à signaler à l'attention des géologues et des préhistoriens.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Nouvelles observations sur l'orientation de l'iodure d'ammonium par le mica muscovite.* Note de M. **L. Royer**, présentée par M. Pierre Termier.

J'ai montré récemment [1] que les accolements réguliers très parfaits de l'iodure d'ammonium sur le plan p (001) du mica muscovite se font d'une manière dissymétrique par rapport au plan g^1 (010) du mica, et semblent ainsi mettre en évidence l'absence de plan de symétrie et d'axe binaire dans ce mica. Il paraissait résulter de là que la muscovite serait anorthique, et que chaque cristal de cette espèce se composerait de nombreuses lames maclées entre elles, symétriques les unes des autres par rapport au plan g^1 et accolées suivant p.

Un fait nouveau, bien curieux, vient modifier cette conclusion. Lorsqu'on étudie l'orientation de l'iodure d'ammonium sur les deux faces d'un clivage récemment pratiqué dans un cristal de muscovite, on constate toujours, sans aucune exception, que ces deux faces, qui étaient en contact avant clivage, donnent au sel les deux orientations inverses, symétriques l'une de l'autre par rapport au plan g^1.

Lorsque après cristallisation de l'iodure d'ammonium on replace les lames dans leur position initiale, le sommet ternaire du cube est vers le haut pour la lame inférieure et vers le bas pour la lame supérieure. Les sections triangulaires montrent la même orientation. Elles correspondent donc aux deux positions possibles du cube, symétriques l'une de l'autre par rapport au plan a^2 (112) du sel qui coïncide avec le plan g^1 du mica.

Le fait s'observe d'une manière particulièrement frappante si l'on clive la lame de mica en maintenant l'un de ses bords serré dans un étau, afin de ne pas pousser le clivage jusqu'à séparation complète. La fente ayant été ouverte par pliage de l'une des lames, on détermine la cristallisation d'iodure d'ammonium sur les deux faces du clivage, puis on rabat la lame

(1) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 1610.

pliée sur l'autre. On constate alors, sous le microscope, qu'en tout point la loi ci-dessus énoncée se vérifie, et que, notamment, lorsque l'arrachement du clivage a produit des escaliers, celles de ces limites, le long desquelles l'orientation du sel change sur l'une des lames, se retrouvent identiques sur l'autre lame.

Il résulte de là que, de deux plans réticulaires *p* séparés par clivage, l'un agit sur l'iodure d'ammonium pour lui donner l'une quelconque des deux orientations possibles, l'autre pour lui donner l'autre orientation, symétrique de la première par rapport au plan de symétrie ou à l'axe binaire du mica. Il faut pour cela que les deux strates de molécules que le clivage sépare soient individuellement dépourvues de plan de symétrie ou d'axe binaire, mais que ces deux strates soient symétriques l'une de l'autre par rapport au plan g^1. La muscovite est donc bien clinorhombique. Le plan g^1 est bien pour elle un plan de symétrie. Mais c'est un plan de symétrie *avec glissement* (*Gleitspiegelebene* de Schœnflies). Les plans réticulaires *p* ne sont identiques que de deux en deux. Il n'y a pas macle à proprement parler, mais alternance régulière, dans la structure du cristal homogène de mica, de deux sortes de strates *p*. L'équidistance de 10 Å environ, mesurée par divers auteurs pour le plan *p* de la muscovite est la distance de deux de ces plans *p* *non identiques*. Le véritable paramètre est double.

L'accolement de l'iodure d'ammonium permet d'ailleurs de déterminer très exactement le réseau du mica ainsi que la grandeur moléculaire de sa maille.

Cette observation est à rapprocher de celle qui a été faite par Mauguin [1] et confirmée par Grandjean [2] au sujet de l'orientation des corps nématiques par le même mica. L'existence constante d'une torsion de 60° environ du corps nématique, dans une fente de clivage de muscovite, alors que l'on n'observe jamais l'orientation sans torsion, conduit à la même conclusion que l'accolement de l'iodure d'ammonium. Deux plans réticulaires *p* contigus ne sont jamais identiques, mais bien symétriques l'un de l'autre par rapport au plan de symétrie du mica.

Il est bien remarquable aussi que l'orientation mutuelle, pour les corps mésomorphes comme pour les cristaux, se révèle ainsi comme dépendant principalement, sinon uniquement, de la dernière couche superficielle de

---

(1) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1246.
(2) *Bull. Soc. Min.*, t. 39, 1916, p. 164.

molécules. Elle constitue un phénomène d'une extraordinaire sensibilité à cet égard, et capable de mettre en évidence la symétrie d'une strate unique de molécules parallèle à un plan réticulaire, et non pas seulement la symétrie de l'ensemble de l'édifice cristallin.

HYDROLOGIE. — *Analyse d'eaux thermales de Chaudesaigues (Cantal).* Note de M. **Ch. Lormand**, présentée par M. G. Urbain.

Les eaux thermales de Chaudesaïgues (Cantal) sont remarquables par leur température élevée qui atteint 81°. Elles se rangent parmi les plus chaudes d'Europe et viennent en première ligne, à ce point de vue, dans la liste des eaux françaises.

La station de Chaudesaigues a fait l'objet d'une étude géologique de M. De Launay ([1]). Les sources, au nombre de 25environ, proviennent d'une colonne unique dans un massif de gneiss. Étant donnée la ramification de cette colonne en de multiples sources, la température varie à chaque point d'émergence. La source la plus élevée (source du Par) a une température de 80°,4; la source la moins élevée a une température de 58°. La source utilisée par l'établissement thermal a une température de 65°.

Les analyses de ces eaux figurant à l'*Annuaire des eaux minérales* ont été effectuées en 1828, par Chevallier, et en 1850, par Blondeau. Une analyse plus récente, 1894, n'aurait porté que sur 1^l d'eau. En outre, les mesures de radioactivité n'ayant pas été effectuées, nous avons procédé sur place à ces mesures et prélevé un échantillon de 60^l à la source du Par et à la source de l'Établissement thermal, en vue d'une analyse complète.

Les eaux de Chaudesaigues, limpides à l'émission, présentent en se refroidissant une très légère opalescence.

	Source Établ. thermal.	Source du Par.
Température au moment du prélèvement	16°	16°
Température de l'eau	65°	81°
Radioactivité (millimicrocuries par litre)	0,237	0,256
Radium dissous (émanation accumulée pendant 30 jours)	$3,82 \times 10^{-12}$	$6,21 \times 10^{-12}$

([1]) *Annales des Mines*, 10e série, t. 9, 1906, p. 34.

A aucun des griffons, on ne peut observer le dégagement de gaz spontanés. Ceux-ci n'ont donc pu être étudiés.

Alcalinité P_H ($t = 70°$) mesurée sous couche d'huile	6,8	6,8
Résidu sec	0,869	0,857
Éléments électropositifs :		
Potassium K	0,006	0,005
Sodium Na	0,291	0,275
Lithium Li	0,00073	0,001
Ammoniaque NH^3	0,0002	0,0002
Magnésium Mg	0,00654	0,00544
Calcium Ca	0,02456	0,02369
Radium	$3,82 \times 10^{-12}$	$6,21 \times 10^{-12}$
Aluminium	0,0008	0,0004
Fer	0,00053	0,00091
Manganèse	0,0006	0,0007
Éléments électronégatifs :		
Chlore Cl	0,075	0,075
Brome Br	traces	traces
Iode I	traces	traces
Fluor F	0,01	0,01
Acide sulfurique en SO^3	0,0216	0,0248
Acide sulfurique en SO^4	0,0258	0,0297
Acide sulfhydrique H^2S	0	traces non dosables
Acide phosphorique P^2O^5	0	0
Bore	traces	traces
Silice SiO^2	0,07826	0,07668
Arsenic en AsO^4H	0,00033	0,00033
Acide azotique NO^3H	0,002	0,0018
Acide azoteux NO^2H	0	0
Débit (m^3 à l'heure)	6,3	18,3
Hororadioactivité (microcuries)	1,422	4,608
Puissance radioactive (milligr. de radium)	0,190	0,614

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la vase atmosphérique et la mer de nuages. Observations faites au Pic du Midi.* Note de M. C. **Dauzère**, présentée par M. M. Brillouin.

La transparence de l'air est souvent diminuée par la brume sèche, constituée par des poussières plus ou moins fines qui se comportent comme des particules très petites en suspension dans l'eau; elles tombent lentement et s'accumulent dans les bas-fonds, où elles forment ce qu'on a appelé la vase atmosphérique.

Quand les poussières sont très fines et largement disséminées, elles diminuent peu la transparence, et la vase atmosphérique, dans laquelle nous sommes plongés, est invisible pour nous. Pour l'apercevoir, il faut se placer en dehors d'elle, c'est-à-dire à une altitude assez grande, et avoir devant soi une coupe verticale des diverses couches de l'atmosphère. Cette coupe est fournie par une chaîne de montagnes s'élevant brusquement au-dessus de la plaine.

Il n'est pas de meilleure coupe verticale de l'atmosphère que celle qui est formée par la chaîne des Pyrénées devant l'Observatoire du Pic du Midi. Quand on prend l'habitude de l'examiner, à toutes les heures de la journée, on ne tarde pas à apercevoir la vase atmosphérique, qui remplit le fond des vallées; elle forme une sorte de voile blanchâtre, d'aspect uniforme, à travers lequel la base des montagnes prend une teinte bleu grisâtre, sans aucun détail apparent. La vase atmosphérique paraît limitée, en général, à un plan horizontal, parfaitement net, dont l'altitude est facile à apprécier par comparaison avec les sommets d'altitude connue qui se trouvent sur son trajet. En réalité, dans une mince couche située à cette hauteur, la transparence subit une augmentation très forte et très brusque, lorsque l'altitude croît : *Le niveau supérieur de la vase atmosphérique nous apparaît ainsi comme une surface plane, horizontale, bien déterminée.*

Le phénomène est particulièrement net, quand on regarde du côté du soleil, principalement dans l'après-midi vers le Sud-Ouest, où les pentes abruptes de l'Ardiden forment un mur presque vertical au-dessus de la Vallée de Luz.

Quand on observe la vase atmosphérique pendant une journée, on ne tarde pas à reconnaître que son niveau supérieur éprouve du matin au soir quelques changements. Il est le plus bas possible au lever du soleil; il monte à mesure que le soleil s'élève et continue à monter, mais plus lentement, dans l'après-midi, jusqu'à une heure difficile

à déterminer, qui est voisine de celle du maximum journalier de la température; on voit ensuite ce niveau baisser lentement jusqu'au coucher du soleil, il est probable qu'il continue à baisser pendant la nuit. L'amplitude de ces variations est de l'ordre de 100 à 200^m. D'autres variations plus importantes du niveau de la vase atmosphérique sont en relation, d'une façon encore mal connue, avec les conditions météorologiques.

Les poussières sont des noyaux de condensation pour la vapeur d'eau; aussi y a-t-il une relation très nette entre la vase atmosphérique et les nuages inférieurs, qui constituent la *mer de nuages*, si souvent observée au-dessous du Pic. Celle-ci se forme en été dans l'après-midi; elle débute par de légers cumulus, éloignés les uns des autres et situés tous à la même altitude; *cette altitude est exactement celle du niveau supérieur de la vase atmosphérique, à la surface de laquelle les petits nuages paraissent flotter.* Ces nuages grossissent, se soudent entre eux et finissent par donner une nappe continue, plus ou moins mamelonnée, mais dont la surface moyenne horizontale est celle qui limitait précédemment la mer de brume. Souvent, les nuages, au lieu de se former sur place, viennent de la plaine et sont poussés par un vent léger vers les vallés pyrénéennes; or il est remarquable qu'ils suivent alors la surface de la mer de brume qui semble leur servir de guide. Sous l'action du vent, les nuages finissent par envahir toutes les vallées et par submerger la vase atmosphérique; ils montent parfois très haut et ne laissent plus apparaître que les sommets dont l'altitude est voisine de celle du Pic (2860^m). Vers le coucher du soleil, la force du vent diminue, le niveau de la mer de nuages s'abaisse; il continue à baisser pendant la nuit, et aux premières lueurs du jour les niveaux de la mer de nuages et de la mer de brume sont exactement les mêmes.

La hauteur moyenne de la mer de nuages et celle de la vase atmosphérique sont donc identiques; leur valeur commune est comprise d'habitude entre 1000 et 2000^m. Entre ces deux altitudes, se trouve une zone dont la transparence est souvent affaiblie, soit par la brume, soit par le brouillard; il y règne une forte humidité; c'est aussi à cette altitude que se tiennent les gros ions de M. Langevin. Le mouvement ascensionnel de l'air, qui donne naissance au cumulus, ne provoque plus de condensation au-dessus de cette zone, parce que les noyaux y deviennent beaucoup plus rares. D'ailleurs la condensation n'intervenant plus pour réchauffer l'air refroidi par détente, celui-ci perd très rapidement sa force ascensionnelle, et ne monte que fort peu au-dessus de la mer de nuages et de brume. C'est là l'explication d'un phénomène bien souvent observé : l'arrêt d'une colonne

d'air chaud ascendante (fumée) à une altitude bien déterminée, où elle s'étale, et qui est celle du niveau supérieur de la vase atmosphérique.

De même qu'il existe simultanément plusieurs couches de nuages à des hauteurs différentes, séparées par des nappes qui ne renferment aucune parcelle d'eau condensée, il existe aussi bien souvent plusieurs couches de brume superposées, séparées par des zones parfaitement transparentes. La couche inférieure est celle dont nous venons de parler; les autres s'aperçoivent nettement du haut du Pic dans la coupe verticale de l'atmosphère fournie par l'écran pyrénéen, quand on examine cet écran du côté du soleil, par exemple aux flancs de l'Ardiden dans l'après-midi. Toutes ces couches ont le même aspect que la plus basse, elles sont limitées comme elle par des plans horizontaux.

On ne tarde pas à reconnaître que ces couches de brume superposées, reconnues le long de la chaîne, se prolongent au-dessus des plaines, à des distances souvent très grandes. Elles font même quelquefois tout le tour de l'horizon; elles sont alors séparées de la ligne d'horizon par une zone claire, dont elles se distinguent par leur teinte gris sombre, tirant sur le rouge brique. Les épaisseurs et les altitudes moyennes de ces couches de brume sont extrêmement variables; il n'est pas rare d'apercevoir une de ces bandes au-dessus de la chaîne entre 3000 et 4000^{m}. *Les couches supérieures de la vase atmosphérique remplissent à l'égard des nuages élevés (alto-stratus, alto-cumulus) un rôle analogue à celui de la couche inférieure à l'égard de la mer de nuages.*

L'observation des phénomènes précédents nécessite un ciel découvert et une atmosphère peu agitée. Les vents violents et les pluies qui les accompagnent produisent un trouble général de l'atmosphère qui mélange les couches entre elles; le plus souvent la vase atmosphérique serait alors invisible du sommet du Pic qui est enveloppé par le brouillard.

MYCOLOGIE. — *Sur la nature des cystides chez les Basidiomycètes.* Note de M. R. Kuhner, présentée par M. P.-A. Dangeard.

On a beaucoup discuté sur la nature des cystides qui accompagnent les basides chez beaucoup de Basidiomycètes : les uns y voient de simples poils stériles analogues aux paraphyses des Ascomycètes : les autres les considèrent comme des intermédiaires entre ces paraphyses et les basides.

L'existence dans l'asque et la baside de fusions nucléaires dites « fusions

dangeardiennes » et qui entraînent, comme dans toute fécondation nucléaire, la nécessité d'une réduction chromatique a permis de porter la question de la nature des cystides sur son véritable terrain.

Déjà René Maire, ayant constaté que dans le *Stropharia semiglobata*, les deux noyaux des cystides se fusionnent quelquefois, pense qu'on peut les considérer « comme des basides spécialisées de bonne heure pour une sécrétion particulière et avortant par suite de ce changement de travail » [1].

Nos observations apportent des faits nouveaux et concluants à l'appui de cette hypothèse.

L'espèce choisie comme objet de cette étude est le *Mycena fellea* Lange. Elle a été récoltée sur souche de chêne aux environs de Paris et étudiée sur des exemplaires, les uns vivants, les autres fixés au liquide chromo-osmique de Laguesse avec coloration à l'hématoxyline ferrique après inclusion dans la paraffine.

Les coupes montrent une grande abondance d'hyphes vasculaires et de cystides.

Le contenu a le même aspect dans ces deux formations. Sur le frais, il est fragmenté en une multitude de gouttelettes réfringentes qui, ne se colorant pas par l'acide osmique, ne sont pas de nature huileuse.

Sur le matériel fixé et coloré, les gouttelettes ont disparu, mais l'on voit très distinctement les mailles correspondantes d'un fin réseau cytoplasmique.

Les hyphes vasculaires, qu'on trouve dans toutes les parties du carpophore, mêlées aux hyphes cloisonnées du tissu fondamental, ne sont jamais septées et contiennent de nombreux noyaux. Les cystides en sont complètement indépendantes, malgré la similitude de leur contenu. D'ailleurs elles sont binucléées à l'origine et il serait bien étonnant de voir une cloison isoler un article à deux noyaux au sommet d'une hyphe multinucléée.

La forme de la cystide de *Mycena fellea* est un fuseau qui s'insère peu profondément sur une cellule sous-hyméniale et dont l'extrémité libre est très saillante (de 30^{μ} au moins) et acuminée (*fig.* 1).

Cette cystide contient deux noyaux qui se fusionnent de bonne heure en une masse d'abord elliptique, puis arrondie, pourvue d'un nucléoplasme d'aspect homogène et de deux nucléoles bien séparés.

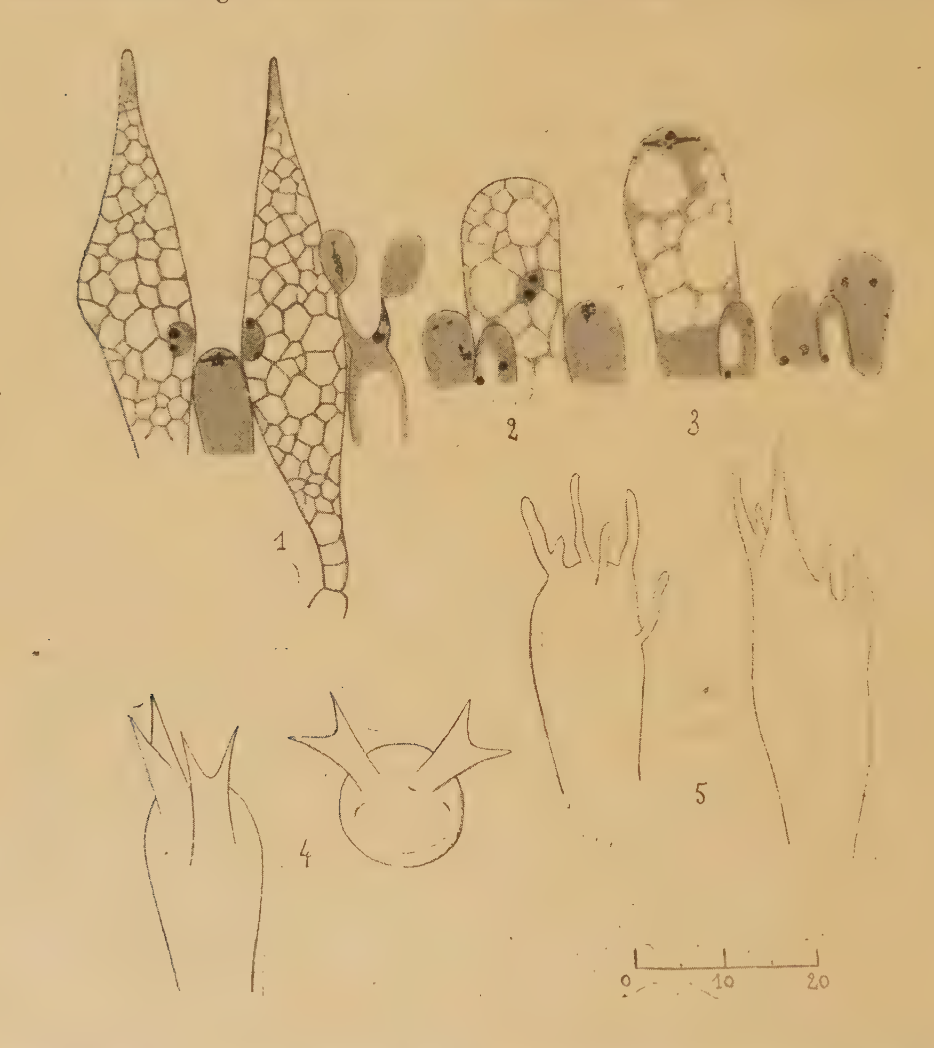
La fusion est donc en général incomplète, en ce qui concerne les nucléoles tout au moins.

Mais ces cystides subissent des variations assez considérables.

---

(1) René Maire, *Recherches cytologiques et taxonomiques sur les Basidiomycètes* (*Thèse*, 1902, p. 153).

Ainsi sur l'arête des lamelles, elles sont souvent hérissées à l'extrémité de diverticules ou digitations en nombre variable (*fig.* 5); sur les faces, on en



trouve dont le sommet arrondi obtus est moins émergent que d'habitude (*fig.* 2) : celles-ci ne diffèrent guère des basides jeunes que par leur taille plus grande et leur contenu à vacuoles nombreuses. Or il est intéressant de constater que cette analogie se poursuit jusque dans les phénomènes nucléaires.

En effet, tandis que dans la plupart des cystides, le noyau de fusion reste sans changement; il en est d'autres, très rares, dans lesquelles ce noyau entre en division : nous avons réussi après avoir examiné un grand nombre de préparations, à rencontrer une cystide avec au sommet une mitose nettement

caractérisée, comprenant un fuseau étroit, transversal et deux centrosomes. Cette mitose était au stade de la plaque équatoriale et sauf l'exiguïté de l'un des chromosomes, *elle ressemblait aux divisions ordinaires réductrices du noyau des basides*.

L'existence, constatée sur des échantillons frais, d'un petit nombre de cystides, à deux prolongements bicornus, ressemblant à ceux des basides qui, dans cette espèce, sont souvent bisporiques, vient compléter l'ensemble des preuves fournies par l'évolution nucléaire.

En résumé, les cystides, dans l'espèce étudiée, *ne peuvent être assimilées d'aucune façon aux paraphyses des Ascomycètes qui sont des poils stériles: elles représentent de véritables basides dans lesquelles une abondante sécrétion a eu pour résultat d'arrêter le développement normal à un stade variable de son évolution*.

Des observations en cours montreront jusqu'à quel point cette conclusion peut être généralisée.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de la teneur en oxygène de l'eau sur la respiration des plantes submergées.* Note [1] de MM. **A. Hée** et **R. Bonnet**, présentée par M. Guignard.

On sait depuis longtemps que les plantes peuvent vivre dans une atmosphère très pauvre en oxygène et dans l'oxygène pur aussi bien que dans l'air ordinaire. En outre, sauf le cas de certaines graines en germination chez lesquelles Godlewski [2] a observé une intensité respiratoire plus grande dans l'oxygène que dans l'air, on admet, à la suite des nombreux résultats expérimentaux de Johannsen, Stich, etc., que l'on peut faire varier, dans de très larges limites, la teneur en oxygène de l'atmosphère ambiante, sans changer d'une façon notable la respiration d'un végétal. Toutefois la plupart des mesures faites sur ce sujet l'ont été sur des végétaux aériens. Sur les plantes aquatiques nous ne possédons, à l'heure actuelle, que les données expérimentales fournies par Wurmser et Jacquot [3]

---

[1] Séance du 2 février 1925.

[2] Godlewski, *Beiträge zur Kenntniss der Pflanzenathmung* (*Jahr. f. wiss. Botan.*, t. 13, 1882, p. 491-543).

[3] Wurmser et Jacquot, *Sur la relation entre l'état physique du protoplasme et son fonctionnement*. I. *Photosynthèse* (*Bull. Soc. Chim. biol.*, t. 5, 1923, p. 305-315.)

dans un travail récent sur la photosynthèse. Ces auteurs y notent une augmentation considérable de la respiration de *Laminaria saccharina* en fonction de la tension de l'oxygène dans l'eau de mer. Malheureusement les chiffres donnés à cet égard sont peu nombreux et ne se rapportent qu'à une seule espèce d'Algue.

Nous avons recherché, en nous adressant à des plantes submergées vivant en eau douce, quelle pouvait être l'influence de la teneur du milieu en oxygène sur leur respiration.

Pour cela nous nous sommes servis de plantes entières, ou de fragments de plantes pourvus de racines, en bon état de végétation et appartenant aux espèces suivantes : *Elodea canadensis*, *Elodea densa*, *Myriophyllum spicatum*, *Cabomba caroliniana*. L'eau employée était enrichie en oxygène par passage d'un courant d'oxygène pur, ou bien privée d'une partie de ses gaz par chauffage. Les mesures ont été faites à l'obscurité, à température constante de 20°, à raison d'une par jour et au même moment de l'après-midi, afin que les plantes fussent dans des conditions d'expérimentation aussi identiques que possible, notamment au point de vue de la teneur en hydrates de carbone formés dans la matinée par exposition à la lumière. Elles ont porté sur une durée de 3 ou 4 heures suivant les séries. Le dosage de l'oxygène était fait par la méthode de Winkler, l'intensité de la respiration donnée par les variations de l'acidité de l'eau. Pour évaluer le P_H nous nous sommes servis d'une échelle colorée établie avec du rouge de crésol suivant les indications de Palitzscht [1]. Les plantes étaient mises en expérience dans des éprouvettes renfermant toujours la même quantité d'eau : 400^{cm^3}. Ces éprouvettes étaient remplies à l'aide d'un siphon et l'eau dans laquelle le végétal était immergé était recouverte d'une épaisse couche d'huile de paraffine afin d'empêcher la diffusion de l'oxygène dans l'air extérieur. L'eau d'une éprouvette témoin, remplie dans les mêmes conditions, servait à établir la teneur en oxygène et le P_H initial. Chaque plante servait à une série de mesures portant sur des teneurs variables de l'eau en oxygène. Les mesures étaient faites dans un ordre quelconque par rapport aux différentes valeurs de la tension de l'oxygène. A la fin de chaque série, nous nous assurions, par une mesure faite en eau normale, que la plante n'avait pas souffert au cours de l'expérimentation.

Quelques-uns de nos résultats expérimentaux, — lesquels seront donnés en totalité dans un prochain Mémoire, — sont consignés dans les tableaux suivants :

---

(1) *Comptes rendus Lab. Carlsberg*, t. 11, 1916, p. 199.

Teneur de l'eau en oxygène (en cm³ par litre).	3,06.	6,24.	6,97.	9,59.	14,73.	17,24.	20,53.	23,91
Variations du P_H :								
Myriophyllum spicatum	0,17	0,16	0,19	0,20	0,19	0,22	0,28	0,25
Elodea densa	0,19	0,20	0,18	0,20	0,24	0,23	0,30	0,27
Cabomba caroliniana	0,21	0,21	0,23	0,21	0,17	0,20	0,26	0,22

Teneur de l'eau en oxygène (en cm³ par litre).	2,98.	4,15.	6,83.	8,70.	14,11.	16,62.	18,74
Variations du P_H :							
Elodea canadensis I...	0,19	0,22	0,26	0,23	0,24	0,24	0,26
» II...............	0,18	0,20	0,23	0,18	0,21	0,26	0,30

L'examen des chiffres ci-dessus montre avec évidence que l'intensité de la respiration n'est pas modifiée d'une façon sensible par les variations de la teneur en oxygène de l'eau. Tout au plus peut-on, dans quelques cas, attribuer à la grande richesse de l'eau en oxygène — l'eau normale dont nous nous sommes servis renferme de 6^{cm^3} à 7^{cm^3} d'oxygène par litre — une très légère augmentation de la valeur de la respiration. En tout cas, la variation observée n'est pas, à beaucoup près, de l'ordre de celle signalée par Wurmser et Jacquot pour *Laminaria saccharina*. Pour des teneurs en oxygène variant dans les mêmes limites que celles de nos expériences, ils relèvent en effet des variations d'intensité respiratoire allant de 1 à 6. Les techniques employées étant sensiblement les mêmes, nous ne pensons pas que cette contradiction soit d'ordre expérimental. Les Végétaux, comme les Animaux, se comporteraient-ils différemment vis-à-vis des changements de la teneur en oxygène du milieu, suivant le degré plus ou moins élevé de leur organisation? De nombreux auteurs, parmi lesquels Henze, Vernon, Thunberg, Krogh, ont montré que chez les Invertébrés, tout au moins chez ceux possédant des appareils circulatoire et respiratoire imparfaits, la respiration est sous la dépendance directe de la richesse en oxygène du milieu ambiant, alors qu'au contraire les échanges gazeux des animaux élevés en organisation ne sont nullement affectés par les variations en oxygène du milieu où ils vivent (travaux de Henze, Winterstein, etc.). Peut-être existe-t-il semblable différence entre les divers groupes de végétaux? C'est là une hypothèse que nous nous proposons d'essayer d'élucider en faisant porter nos recherches sur cette question sur des plantes appartenant à des classes aussi variées que possible.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sous quelle forme existent les tannins chez les Spirogyres.* Note [1] de M. E. **Michel-Durand**, présentée par M. M. Molliard.

On sait que beaucoup de Cryptogames renferment des principes tanniques; mais tandis que, chez les plantes à fleurs, les préoccupations d'ordre industriel ont amené les chercheurs à employer parallèlement les techniques microchimiques et l'analyse quantitative pour étudier l'évolution des tannins, les renseignements d'ordre quantitatif font presque entièrement défaut en ce qui concerne les végétaux inférieurs et en particulier les Thallophytes chlorophylliens. Il résulte des recherches microchimiques effectuées sur les algues que :

1° Un certain nombre d'algues vertes renferment du tannin dans leurs cellules;

2° D'après Van Wisselingh, dans les Spirogyres, les principes tanniques *sont en solution* dans le suc cellulaire, libres ou en combinaisons solubles avec certains composés ternaires ou quaternaires coexistant dans la vacuole; on sait, par contre, que dans la plupart des Phanérogames les tannins paraissent engagés *partiellement* dans des combinaisons tanno-mucilagineuses *insolubes* (Clark, Mell, Lloyd);

3° La présence du tannin paraît indispensable aux phénomènes qui aboutissent à l'édification de la membrane cellulaire des Spirogyres (Van Wisselingh).

Ces faits résultant d'études cytologiques et microchimiques ayant porté notamment sur les Spirogyres, il m'a paru intéressant de déterminer quantitativement le tannin de ces végétaux.

Les algues sont placées après leur récolte dans l'eau où elles végètent normalement pour leur transport au laboratoire; la masse verte est centrifugée, puis séchée rapidement entre des feuilles de papier buvard, divisée en deux lots pesés séparément :

11^g,800 ont été soumis à l'analyse; 1^g,150 mis à l'étuve à dessécher, ont donné 0^g,120 de substance sèche, environ $\frac{1}{10}$ du poids frais.

La masse à analyser a été traitée suivant la technique déjà exposée dans une précédente Note.

1. *Traitement cétonique* [2]. — Après broyage au mortier avec du sable pur,

---

[1] Séance du 2 février 1925.

[2] Michel-Durand, *De l'état des tannins dans la cellule végétale* (*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 586).

le produit est épuisé dans un appareil de Soxhlet pendant 4 heures avec de l'acétone, au bout de ce temps le dissolvant qui filtre n'est plus coloré; on laisse la cartouche contenant les tissus végétaux pendant 24 heures dans le tube de Soxhlet en contact avec un excès d'acétone; le dissolvant resté dans le tube prend la teinte verte de la chlorophylle, mais ne donne aucune coloration appréciable avec l'alun de fer.

2. *Traitement aqueux*. — Le résidu restant sur le filtre est repris par 100^{cm^3} d'eau distillée et chauffée dans une atmosphère de vapeur d'eau, à l'abri de l'air, à 100° pendant un quart d'heure; par filtration on obtient un liquide opalescent qui prend la coloration à peine perceptible des tannins avec l'alun de fer, mais se colore en bleu intense par l'iode.

Le liquide cétonique résiduel (obtenu par concentration) et le liquide aqueux sont divisés chacun en deux parties égales A et B.

Dans le liquide A, on dose les tannins par la méthode Carpene-Sixley; dans le liquide B, on dose les monosaccharides et les polysaccharides facilement hydrolysables; enfin, dans le résidu insoluble, on dose également les polysaccharides facilement hydrolysables.

Les résultats des analyses sont exprimés en milligrammes.

Poids		Tannins			Hydrates de carbone		
frais.	sec.	solubles dans l'acétone.	solubles dans l'eau.	Total.	solubles dans l'acétone.	facilement hydrolysables.	Total.
$11^g,800$	$1^g,220$	35	1	36	50	370	420

100^g de substance sèche renferment donc 3^g de tannin et 35^g d'hydrates de carbone réducteurs ou facilement hydrolysables.

On voit donc que, dans les Spirogyres, le taux en principes tanniques est d'environ 3 pour 100 du poids sec, concentration relativement élevée puisqu'elle est voisine de celle de certains glands de chêne; un bon tiers de la substance sèche de cette algue est représenté par des hydrates de carbone réducteurs ou facilement hydrolysables; enfin, l'algue verte analysée ne contient plus qu'une proportion infime de tannin après l'action de l'acétone. Par conséquent, *les tannins des Spirogyres sont entièrement solubles dans l'acétone*.

Dans les tissus où les recherches cytologiques et microchimiques de nombreux auteurs et en particulier de Clark, Mell, Griebel et Schäfer ([1]),

---

([1]) Griebel und Schäfer, *Zur Zusammensetzung der Inklusen, gleichzeitig ein Beitrag zur Kenntniss der Vorgänge beim Teigigwerden der Früchte* (*Zeitschr. Untersuch. Nahrungs- und Genussmittel*, t. 37, 1919, p. 97-111). — Clark, Mell, Lloyd, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 586-587.

Lloyd ont mis en évidence la présence de combinaisons insolubles tanno-mucilagineuses (plantes supérieures), j'ai montré que l'acétone n'enlevait effectivement qu'une partie du contenu tannique.

Dans les Spirogyres où les recherches cytologiques et microchimiques analogues ont montré d'une part que le tannin est en solution dans le suc cellulaire, d'autre part, l'absence du complexe tanno-mucilagineux insoluble, je constate que la presque totalité du tannin est enlevée par l'acétone.

Les résultats fournis par l'analyse quantitative confirment donc ceux qui ont été obtenus par l'examen cytologique. Les conclusions de ma précédente Note, relative à l'extraction des tannins dans les plantes supérieures, se trouvent ainsi vérifiées par ces nouvelles recherches sur une algue verte.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur les caractéristiques différentielles du fonctionnement des cônes et des bâtonnets rétiniens.* Note de M. **Henri Piéron**, présentée par M. Henneguy.

L'œil de l'homme normal comporte, étroitement intriquées, une rétine diurne à cônes, qui entre seule en jeu en cas de forte lumière, et une rétine nocturne à bâtonnets, qui fonctionne seule aux faibles éclairements.

Normalement, la variabilité dans les proportions respectives de collaboration des cônes et des bâtonnets entraîne une variabilité corrélative dans les caractéristiques de la formation de l'impression lumineuse, du fait que les caractéristiques propres des deux catégories d'éléments récepteurs sont nettement différentes.

1° *Coefficients de luminosité des lumières spectrales.* — Le coefficient de visibilité relative de chaque radiation se montre différent pour les cônes et pour les bâtonnets : la courbe qui représente la variation de ce coefficient en fonction de la longueur d'onde des radiations, ou courbe de visibilité spectrale, a même forme générale, mais avec un décalage, sur l'échelle des abscisses, d'environ $70^{m\mu}$. La courbe de visibilité moyenne actuellement admise (avec maximum à $555^{m\mu}$), qui est due à une participation en certaines proportions des cônes et des bâtonnets, doit subir un décalage progressif dans un sens ou dans un autre, suivant le niveau global des intensités excitatrices, décalage manifesté par le phénomène de Purkinje.

2° *Temps d'action et énergies liminaires.* — D'après les recherches que j'ai poursuivies sur la quantité relative d'énergie nécessaire pour atteindre le seuil de la sensation lumineuse suivant les durées d'excitation, les carac-

téristiques des cônes et des bâtonnets sont nettement différentes également à ce point de vue : la limite de sommation (durée correspondant au « seuil de base » au delà de laquelle un nouvel accroissement de durée n'entraîne plus un abaissement de l'intensité liminaire) est environ quatre fois plus courte pour les bâtonnets ($0^s,8$ environ au lieu de plus de 3 secondes).

La durée optima (correspondant à un minimum d'énergie liminaire) est environ dix fois plus courte. Et, plus la durée d'excitation est brève, plus, proportionnellement, la sensibilité des bâtonnets l'emporte sur celle des cônes. Si à $0^s,8$ le rapport des intensités liminaires est de 90 à 1, à $0^s,005$ il devient de 315 à 1.

3° *Vitesse d'établissement et ondulation de « prééquilibre »*. — D'après le résultat de recherches poursuivies avec N. Kleitman, une sensation lumineuse s'accroît notablement plus vite en fonction de la durée d'excitation pour les bâtonnets que pour les cônes (excités par une lumière blanche) : à des niveaux physiologiques équivalents de l'intensité excitatrice, représentant par exemple une énergie de radiation 10 fois plus grande que celle qui correspond au seuil de visibilité, le régime d'équilibre est atteint une première fois au bout de $0^s,025$ avec les bâtonnets $0^s,100$ avec les cônes, soit après un temps quadruple. En outre, la vitesse d'établissement croît plus vite quand l'intensité d'excitation augmente, avec les bâtonnets (le rapport étant aux environs du double vers le seuil, du quadruple à une intensité dix fois plus grande et s'approchant du quintuple à une intensité mille fois plus grande).

Parallèlement à cette vitesse plus grande d'établissement, l'oscillation de prééquilibre dépassant le niveau du régime stable est plus grande pour les bâtonnets.

4° *Persistance apparente.* — Étant donné le parallélisme ordinaire entre les vitesses d'établissement et d'évanouissement, qui croissent en raison directe des intensités excitatrices, on pouvait penser que la persistance des impressions lumineuses était moindre pour la rétine nocturne que pour la rétine diurne. Toutefois, en effectuant les comparaisons à des niveaux physiologiquement équivalents des intensités, j'ai trouvé des persistances apparentes plus grandes et plus lentement décroissantes avec l'intensité, pour les bâtonnets. Et l'on a signalé également des fréquences critiques de fusion moindre chez les nyctalopes. Toutefois, comme on ne connaît que cette fréquence critique correspondant à une durée de persistance de l'impression jusqu'à une diminution de la sensation *juste perceptible*, lorsque le seuil différentiel varie, la persistance apparente change, et dès lors se

pose la question de l'intervention possible d'une moindre sensibilité différentielle.

5° *Surface d'action et énergie liminaire.* — Quand on change la grandeur angulaire de la plage lumineuse dont la brillance représente l'intensité excitatrice, on constate que, jusqu'à une certaine surface (limite de sommation), la brillance liminaire diminue quand la surface croît. Les lois de variation de cette intensité liminaire que j'ai étudiées sont sensiblement les mêmes pour les bâtonnets périphériques et les cônes fovéaux. Mais les déterminations étaient faites dans tous les cas pour le seuil absolu dans l'adaptation à l'obscurité. Une série de données permet de penser que la sommation spatiale, pour des brillances assez grandes, est plus élevée pour les bâtonnets (dont plusieurs sont connectés de façon permanente avec un seul neurone intermédiaire) que pour les cônes (qui sont sans doute susceptibles de connexions latérales variables, suivant la conception d'A. Broca, ces connexions se produisant dans l'adaptation à l'obscurité quand on recherche la brillance liminaire). Mais nous manquons encore actuellement de données précises à cet égard.

Conclusion. — Les caractéristiques du fonctionnement lumineux de la rétine ont des valeurs qui dépendent du taux — variable — de collaboration des deux catégories d'appareils récepteurs, doués de constantes spécifiques différentes, d'où la grande complexité des lois apparentes du fonctionnement global de l'œil humain, pourvu d'une rétine diurne et d'une rétine nocturne associées.

Les cônes apparaissent comme un appareil adapté à l'utilisation lumineuse du rayonnement solaire, dont l'énergie maxima, après absorption sélective par l'atmosphère, se trouve autour de $590^{m\mu}$, et fonctionnent pour une vision discriminative en fixation relativement prolongée.

Les bâtonnets, adaptés d'un côté à l'utilisation lumineuse des faibles rayonnements nocturnes, fonctionnent d'autre part comme appareils avertisseurs latéraux, déclanchant les réflexes de fixation exploratrice, et sont adaptés à l'utilisation maxima des excitations brèves, leur rendement, par rapport à celui des cônes, étant proportionnellement d'autant plus grand que la durée d'excitation est moindre ([1]).

([1]) Toutefois les réactions déclanchées par les bâtonnets impliquent une latence plus grande que celles qui sont déclanchées par les cônes, et cette latence décroît aussi moins vite quand l'intensité excitatrice augmente, d'après mes recherches. On ne doit donc pas considérer les bâtonnets comme un appareil de réaction plus rapide, mais seulement de meilleure utilisation des excitations très courtes.

PHYSIOLOGIE. — *Les étapes de la coagulation vitale*. Note (¹) de M. **Jules Amar**, présentée par M. d'Arsonval.

La matière vivante et, en général, tout colloïde biologique (lait), se coagulent *en masse* lorsque, avons-nous vu (²), l'agent coagulant est en quantité suffisante. Sinon, la marche de la coagulation est lente et *progressive*, souvent limitée au voisinage immédiat de l'agent qui la détermine.

Cette opération restreinte mérite d'être approfondie quant à *la possibilité d'enrayer une coagulation d'origine toxique*, et de lutter contre l'effet des toxines sur la vieillesse précoce des cellules. Toutes nos recherches ont montré que le mécanisme de l'action toxique, ou infectieuse, consiste en une *déshydratation du cytoplasma*, amoindrissant, paralysant même les échanges nutritifs et les oxydations. On va encore le prouver.

I. Examinons de nouveau *l'intoxication alcoolique* de ce cytoplasma, chez les plantes, où le facteur nerveux est absent.

Des feuilles bien vertes de fusain, et toutes semblables, sont placées dans 5 verres contenant : eau (I) et solutions alcooliques à 25 (II), 50 (III) et 75 pour 100 d'alcool étylique (IV), le dernier verre renfermant cet alcool à l'état pur (V).

Une dessication préalable, sous cloche à SO^4H^2, accuse 76,50 pour 100 d'eau comme hydratation naturelle des feuilles (poids initial : 640^{mg}, poids final : 150^{mg}). Le séjour dans les verres, ayant été de 24, puis de 48 heures, on a relevé les variations de poids suivantes :

	I.	II.	III.	IV.	V.
Poids initial (en milligrammes)....	840	760	740	810	840
		Solutions alcooliques à			Alcool
	Eau.	25 p. 100.	50 p. 100.	75 p. 100.	pur.
Après 24 heures dans..............	870	870	880	910	840
Variations pour 100...............	+3,60	+14,40	+18,90	+12,30	0
Après 48 heures...................	870	875	870	885	800
Variations totales pour 100.........	+3,60	+15,10	+17,40	+ 9,20	−4,75

Observations. — Ce tableau montre que les feuilles détachées de l'arbre sont déjà un peu déshydratées, et prennent dans l'eau un léger accroisse-

(¹) Séance du 15 décembre 1924.

(²) Jules Amar, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 917.

ment de poids. Leur taux normal d'hydratation serait donc de

$$76,50 + 3,60 = 80 \text{ pour 100 en moyenne.}$$

Dans les solutions alcooliques leur poids augmente davantage, l'alcool *gélatinisant*, comme on sait, les particules colloïdales et s'y fixant. Mais cette gélatinisation cesse en l'absence d'*eau externe*. Aussi l'alcool pur coagule simplement le cytoplasma, et attire au dehors une partie de l'*eau interne* devenue libre, d'où une perte de poids (V).

Il y a donc un degré alcoolique qui respecte l'hydratation cellulaire.

Remarquons que la perte d'eau, subie sous l'influence de l'alcool pur, entraîne un peu de *pigment chlorophyllien;* le liquide contenu dans le verre prend la couleur émeraude et les feuilles y sont *dures* et *cassantes*, tandis que les autres restent souples; elles ne perdent pas de pigment. Seulement ce dernier *rétrograde vers le rouge* en brunissant. Cette rétrogradation est d'*ordre physique* par altération structurale du pigment. J'y reviendrai prochainement. Dans l'eau, enfin, les feuilles restent vertes et bien fraîches.

II. — Nous soumettons, alors, les quatre groupes de feuilles alcoolisées à l'action de l'*eau pure* d'abord, pendant 24 heures; puis à celle de notre « solution sodique », pendant 72 heures (rappelons que celle-ci comprend : eau, 1000g; CO^3NaH, 3g; PO^4Na^3, 3g et NaCl, 2g). Voici les résultats :

	II.	III.	IV.	V.
Poids initial	875 mg	870 mg	885 mg	800 mg
Dans l'eau	890	880	920	950
Gain pour 100	+1,70	+1,15	+3,90	+18,75
Dans solution sodique	910	880	920	950
Gain total pour 100	+4	0	0	0

L'hydratation cellulaire s'est accrue, quoique légèrement, pour les faibles degrés alcooliques. Passé une certaine limite, *le cytoplasma est tué et se laisse imbiber sans mesure*, sans réagir par son énergie propre; il ressemble à la matière minérale poreuse. La coloration vire au brun et les feuilles, qui étaient cassantes, s'assouplissent. Mais l'effet *anti-coagulant* de notre solution sodique ne s'exerce plus, à peine se remarque-t-il sur les feuilles alcoolisées à 25 pour 100 seulement (II).

Desséchons le tout sous cloche, nous aurons :

	II.	III.	IV.	V.
Poids sec	160 mg	140 mg	142 mg	130 mg
Eau pour 100	82	84	84,4	86,3

La cellule intoxiquée a donc retenue plus d'eau que ne le réclament ses conditions physiologiques (80 pour 100).

III. — Sur une *solution aqueuse de Glycogène*, la marche de la coagulation offre des traits analogues. La liqueur est bleuâtre, sans grains visibles. On y introduit une trace de $CaCl^2$; aussitôt apparaissent des granules de glycogène, qu'un peu de notre solution sodique redissout. Mais si la quantité de $CaCl^2$ est plus forte, le colloïde se précipite en glomérules épais, persistants.

De même, avec *l'alcool et l'éther*. Le *domaine de la réversibilité* est, suivant le colloïde et l'agent coagulant, plus ou moins étroit.

Conclusions. — La vie cellulaire exige, par conséquent, un taux d'hydratation en rapport avec l'intensité de ses opérations intimes, et avec l'état physique du protoplasma. L'eau est dans un tel équilibre avec cette matière vivante que celui-ci cesse, ou se trouble, dès qu'intervient un agent coagulant.

Mais il existe un domaine de *coagulation réversible* où les propriétés du cytoplasma peuvent être récupérées grâce à des procédés physiologiques. Au-delà d'une certaine dose toxique, coagulante, elles sont altérées profondément; le retour à la vitalité première devient impossible.

En définitive, *l'intoxication est cellulaire;* elle agit par coagulation et déshydratation progressives.

PHYSIOLOGIE. — *La respiration des tissus dans l'avitaminose et l'inanition.* Note de M. **Jean Roche**, présentée par M. Henneguy.

Une récente théorie, émise simultanément par Hess et Abderhalden, attribue aux vitamines un rôle de premier plan dans le mécanisme des oxydations cellulaires et fait de l'avitaminose un « appauvrissement des cellules en ferments respiratoires » (Hess). En dehors des résultats de mesures *in vitro* de l'intensité respiratoire, ces physiologistes invoquent l'existence d'une hypothermie, l'abaissement du taux de l'excrétion du CO^2 et de la valeur du quotient respiratoire chez les animaux avitaminosés.

Certains de ces faits, tout particulièrement ceux relatifs à la respiration des tissus, nous ont paru être justiciables d'un contrôle expérimental plus strict. Nous nous sommes proposé de les y soumettre à l'aide d'une méthode précise, qui sera décrite dans un Mémoire ultérieur, utilisant le microrespiromètre de Krogh.

Les résultats relatifs à la respiration des tissus d'animaux normaux étant préalablement acquis (Terroine et Roche), il fallait préciser le rôle possible de l'inanition. Il est en effet d'observation courante que l'inanition conditionne les accidents d'avitaminose. Par ailleurs, Schultz, d'accord avec Erwin Voit, avait pu émettre l'idée que la mort par inanition n'était que la résultante d'une diminution progressive des oxydations. L'étude comparée des effets de l'avitaminose et de l'inanition était donc indispensable. Nous l'avons poursuivie sur des tissus de pigeons, les uns avitaminosés, ayant reçu uniquement du riz poli et sacrifiés au début des accidents, les autres, inanitiés au moment où la chute de température fait prévoir une mort imminente.

Les moyennes de nos résultats exprimés en millimètres cubes d'oxygène par gramme de tissu frais ou sec et par heure, dont le détail sera donné dans un prochain Mémoire, sont rassemblés ci-dessous :

		Normaux.	Inanitiés.	Avitaminosés.
Muscle	frais	398,1	369,4	407,7
	sec..........	1565,1	1705,7	1547,2
Foie	frais	428,7	437,4	404,8
	sec..........	1509,4	1563,4	1463,4
Cerveau	frais	566,4	550,6	538,3
	sec..........	2733,3	2833,5	2645,2

Ces valeurs permettent des conclusions de fait :

1° Les tissus homologues d'animaux normaux et inanitiés, ces derniers sacrifiés au cours de la période prémortelle, présentent *in vitro* une respiration de même intensité. La mort par inanition ne peut donc s'expliquer par une diminution des oxydations cellulaires, conséquence d'une mortification progressive (Schultz) ou d'un défaut d'alimentation des tissus (Erwin Voit).

2° L'intensité respiratoire *in vitro* des tissus d'animaux avitaminosés, par alimentation exclusive au riz poli, est strictement comparable à celle de tissus homologues de sujets normaux.

Ces faits sont en opposition formelle avec la doctrine de Abderhalden-Hess.

Quant à l'hypothermie des avitaminosés, elle s'explique amplement par le parallélisme rigoureux de la diminution de la température interne et de l'amaigrissement; elle peut être entièrement rapportée à l'inanition, ainsi que l'abaissement du quotient respiratoire (Magne et Simonnet).

Nous avons en outre noté les faits suivants qui parlent en faveur d'un

besoin métabolique de vitamines : la température à laquelle sont exposés les animaux paraît être en rapport direct avec la vitesse d'apparition des accidents ; le délai de production étant d'autant plus court que la température est plus basse. En outre, le degré d'amaigrissement est d'autant plus grand lors de l'apparition des accidents que la température du milieu a été plus basse, constatation qui corrobore celle antérieurement faite, dans le cas de l'inanition, par Terroine et Barthelemy. Enfin il nous a été possible de provoquer chez des pigeons nourris au riz poli, en période de début d'inanition, des accidents typiques de polynévrite par exposition aux environs de 0° pendant quelques heures, accidents ne rétrocédant pas par un séjour à température plus élevée (20°).

Il semble donc que la cause de l'avitaminose doit être recherchée dans la satisfaction d'un besoin métabolique différencié bien plutôt que dans une diminution de la respiration élémentaire des tissus.

TOXICOLOGIE. — *Étude de la localisation dans l'organisme des dérivés alcoylés de la malonylurée.* Note de MM. **P. Fredet** et **René Fabre**, présentée par M. Guignard.

L'étude de la localisation des hypnotiques est particulièrement importante pour le toxicologue, mais elle est susceptible de fournir aussi des renseignements fort intéressants au point de vue de l'activité pharmacologique de ces composés.

D'autre part, certains dérivés de la malonylurée sont utilisés depuis quelque temps, en vue d'obtenir une anesthésie générale, par injection intraveineuse. Dans ce cas encore, la connaissance des organes où se fixent électivement les anesthésiques peut permettre de connaître les raisons de leur valeur thérapeutique. C'est pourquoi il nous a paru intéressant d'étudier la localisation de ces composés dans l'organisme.

Nous nous sommes adressés à la diéthylmalonylurée (véronal), et à l'allylisopropylmalonylurée ; ces corps ont été dissous dans l'eau à l'état de sel de diéthylamine, et administrés à la dose de 1^{g}, par injection intraveineuse à des chiens de 20^{kg}.

Tandis que le chien injecté au dérivé diéthylé (véronal) ne semblait éprouver aucun malaise, le chien injecté au dérivé allylisopropylé manifestait très rapidement une anesthésie fort notable. Au bout d'une demi-heure, dans le premier cas, et de 1 heure, dans le second, les animaux ont été saignés à blanc, et les viscères ont été recueillis séparément et soumis à l'analyse.

La recherche des dérivés barbituriques a été faite suivant la méthode classique de Stass-Otto, les produits anesthésiques se trouvant dans le résidu d'extraction acide. Afin de séparer les impuretés entraînant une erreur par excès, le résidu a été repris par l'eau au bain-marie en présence de noir animal, et la solution aqueuse, évaporée, a fourni un produit cristallisé incolore. Celui-ci, après dessiccation, a été pesé, puis on a effectué sur lui les réactions caractéristiques des composés de ce groupe, c'est-à-dire, la détermination du point de fusion et la condensation avec le xanthydrol à l'état de dérivé dixanthylé, suivant la technique indiquée par l'un de nous ([1]).

La répartition dans les différents organes est la suivante :

I. — *Expérience avec la diéthylmalonylurée.*

	Poids de l'organe prélevé.	Quantité de dérivé diéthylé isolé.
	g	g
Cerveau et moelle	130	0,180
Sang total	420	0,043
Rate	50	0,022
Graisse	110	0,016
Muscle	400	0,055
Reins	90	0,051
Foie	810	0,038
Urines	40	0,023

La recherche du véronal dans le sang a été faite séparément sur les hématies et sur le sérum séparés, par centrifugation, suivant la technique habituelle. De 240^{g} d'hématies, il a été isolé 0^{g},028 de véronal, et de 180^{g} de sérum, 0^{g},015. Le rapport de répartition entre les hématies et le sérum est de 1,86, les hématies retenant plus de composé anesthésique que le sérum.

La totalité du produit cristallisé isolé a été purifiée par nouvelle cristallisation. Il présentait alors un point de fusion de 180° et son dérivé dixanthylé fondait à 245° au bloc de Maquenne. Il possédait donc les caractères de la diéthylmalonylurée.

II. — *Expérience avec l'allylisopropylmalonylurée.*

	Poids de l'organe prélevé.	Quantité de produit isolé.
	g	g
Cerveau et moelle	82	0,056
Sang total	350	0,117
Rate	65	0,021
Graisse	260	0,023
Muscle	94	0,023
Reins	100	0,005
Foie	515	0,032
Urines	70	0,032

([1]) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, t. 33, 1923, p. 791.

220g d'hématies avaient retenu 0g,100 de produit anesthésique, et 130g de sérum, 0g,017. Le rapport de répartition, dans ce cas, est de 5,7.

L'allylisopropylmalonylurée a pu, de même que le dérivé diéthylé, être identifié par son point de fusion (138°), et par celui de son dérivé dixanthylé (221°).

Les deux corps étudiés s'éliminent en nature et le rythme de leur élimination sera l'objet d'une prochaine Note.

Des recherches précédemment exposées, il est permis de conclure que ces composés se fixent électivement sur les centres nerveux : cerveau et moelle, et que, introduits dans le sang, ils sont véhiculés en majeure partie par les globules. Ils exercent une faible action sur le foie, ce qui confirme les résultats obtenus par M. Delépine, dans l'étude qu'il fit des urines de malades anesthésiés par ces dérivés de la malonylurée (1).

HERPÉTOLOGIE. — *Autopsie d'un Python réticulé mesurant 5m,75 de longueur.* Note de Mme **Phisalix**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Nous avons eu récemment l'occasion, fournie par Mme la marquise Casati, de faire l'autopsie d'un grand python asiatique (*Python reticulatus* Schneid.), mesurant 5m,75 de longueur totale, et pesant 53kg.

Bien que les individus de cette espèce puissent atteindre, au bout d'une centaine d'années peut-être, une longueur voisine de 10m, celui qui nous occupe est déjà de dimensions suffisantes pour fournir quelques données intéressantes, d'ordre anatomique physiologique et pathologique.

Le serpent arrivait du Jardin zoologique de Londres, où il était resté en captivité depuis l'année 1912, époque à laquelle ce Jardin l'avait reçu de Taïpang (Indochine méridionale),

Parti vivant de Londres pendant sa période de mue et par un temps froid de janvier, il était mort en cours de route.

D'après les renseignements fournis par miss Procter, Curator du Jardin zoologique, le python, sauf le mauvais caractère habituel aux individus de son espèce, n'avait jamais présenté rien de particulier. Indifférent vis-à-vis des autres pythons, et n'ayant jamais pondu, il était considéré comme individu mâle. Il s'était par ailleurs comporté normalement, mangeant, muant, grossissant et paraissant en bon état général. Il présentait seulement à l'extrémité du museau des lésions cutanées, ayant mis à nu la région prémaxillaire, sans avoir atteint les parois buccales.

(1) *C. R. Soc. de Chirurgie*, t. 50, 1924, p. 798.

Dimensions : tête 15^{cm} de long sur 10 de large; corps 490^{cm} sur 20^{cm} de diamètre; queue 70^{cm}.

AUTOPSIE. — *Appareil respiratoire.* — Il mesure $5^{m},50$ de longueur totale, se décomposant ainsi : trachée, $1^{m},50$, depuis son ouverture en avant du plancher buccal jusqu'à sa courte bifurcation à quelques centimètres du sommet des poumons; poumon droit; $2^{m},90$, depuis son sommet antérieur jusqu'à son extrémité postérieure. Le poumon gauche n'a que 58^{cm} de long.

Les sommets pulmonaires, qui correspondent à la portion très vascularisée et respiratoire, sont fortement congestionnés sur une longueur de 40^{cm}; l'épaisseur des parois, d'ordinaire faible, dépasse 10^{mm}; c'est la seule lésion aiguë que présente le serpent. La portion terminale des sacs pulmonaires, qui sert de réservoir d'air, est saine.

Cœur et vaisseaux. — Le cœur est situé à une distance de 90^{cm} du museau; il est normal dans toutes ses parties, y compris les orifices auriculo-ventriculaires et les valvules des gros vaisseaux afférents et efférents. La longueur est de 15^{cm} sur un diamètre maximum de 10^{cm}. Rempli de sang, il pèse 210^{g}; vide, 117^{g}.

Tube digestif. — Le tube digestif s'étend en ligne droite sur le côté gauche du thorax jusqu'à l'intestin, qui est sinueux. Sa longueur totale est de $8^{m},50$, dont $1^{m},95$ pour l'œsophage, 95^{cm} pour l'estomac et $5^{m},60$ pour l'intestin. Toutes ses parties sont normales et saines. Dans sa portion terminale, se trouve un très faible résidu alimentaire coloré en vert émeraude par la bile, et çà et là, fixées aux parois, quelques menues larves d'échinorhynques. Le cæcum, vide de déchets alimentaires, en a du moins gardé un mélange de graviers et d'une vingtaine de dents du python, tombées spontanément ou entraînées par la proie.

Rate-pancréas. — Ces deux organes, très réduits, et intimement soudés chez les serpents, forment chez notre python une petit masse pesant 40^{g}, longue de $13^{cm},5$ et large de 5^{cm}. La portion pancréatique est largement insérée sur l'intestin à une distance de 2^{cm} du pylore; elle est traversée par le canal cholédoque. Dans sa portion antérieure se trouve enchatonnée la rate, n'ayant que 25^{mm} de diamètre. Toute la rate, ainsi que la queue du pancréas, sont occupées par des kystes confluents de la grosseur d'un petit pois. Ces kystes sont tous constitués par une membrane blanche, fibreuse, résistante, de 1^{mm} d'épaisseur, renfermant une masse brunâtre, homogène, s'étalant aisément. Soit par dissociation, soit par empreintes, suivies de fixation et de colorations diverses, nous n'avons pu y déceler aucun élément figuré. Les cultures sur milieux bactériologiques sont demeurées stériles.

Foie et vésicule biliaire. — L'appareil biliaire est absolument sain; nous nous bornerons donc à en signaler le poids et les dimensions.

Foie, divisé longitudinalement en deux lobes; longueur, 85^{cm}; poids, 1300^{g}.

Vésicule biliaire, remplie, mais non distendue, 12^{cm} de long sur $7^{cm},5$ de large;

Bile normale, volume 180^{cm^3}, ne renfermant ni microbes, ni parasites.

Ovaires et oviductes. — Malgré son attitude énigmatique qui, pendant 12 ans, l'avait fait considérer comme un mâle, notre python est une femelle adulte, qui ne possède pas moins de 950^{g} d'ovules dans ses ovaires. La grosseur des ovules varie de celle d'un petit pois à celle du vitellus d'un œuf de poule. Aucun des plus gros ne se

trouve engagé dans les oviductes, et tout l'ensemble de l'appareil est parfaitement sain.

Reins. — Les reins allongés (le droit, 26^{cm}, poids, 105^{g}; le gauche, 30^{cm}, poids, 80^{g}), sont placés à des niveaux différents, le gauche plus en arrière que le droit, arrivant presque au niveau du cloaque. En quelques points épars de la surface et sous la capsule, ainsi que dans la profondeur, on rencontre des kystes isolés, identiques à ceux de la rate-pancréas. Aucun parasite n'existe dans les uretères.

Réserves adipeuses. — Les viscères abdominaux sont entourés d'un épais matelas graisseux, disposé en gros lobes marronnés par le refroidissement; cette enveloppe protectrice pèse à elle seule 6^{kgs}, soit le neuvième environ du poids total du corps.

Système musculaire. — Les masses musculaires sont partout saines et épaisses; le sujet ne présente ainsi aucun indice de cachexie.

Squelette. — Le squelette est normal ; on remarque seulement en deux régions quelques fractures anciennes de côtes, actuellement consolidées.

Dans l'obligation de ménager l'intégrité de ce squelette, nous avons dû renoncer à peser et à mesurer les centres nerveux.

Examen parasitologique et microbiologique. — La plus grande des surprises de l'autopsie du python est certainement l'absence presque totale d'ectoparasites, et absolue d'endoparasites, que nous avons cependant recherchés par tous les moyens accoutumés.

Les Reptiles des contrées chaudes sont cependant la proie de nombreux assaillants, et semblent parfois collectionner les divers parasites, les ectoparasites servant très souvent de vecteurs aux endoparasites. Le python était si dépourvu qu'il semblait avoir été toujours soumis à un régime parasiticide. Si les corps irritants qui ont, à un moment donné, envahi la rate-pancréas étaient, comme il est probable, des parasites, du moins le serpent en a-t-il eu raison en les enkystant, et en déterminant ainsi leur autolyse.

Conclusions. — Les conclusions que nous pouvons tirer de l'autopsie de ce grand python sont principalement d'ordre physiologique et pathologique :

1° Malgré l'intégrité et la période d'activité de l'appareil ovarien, la ponte des pythons ne s'effectue pas avec un rythme fréquent, du moins en captivité, ce qui peut conduire à des erreurs d'interprétation du sexe, quand le dimorphisme sexuel n'est pas visible à distance, ou qu'il est peu marqué, et que le caractère de l'animal vivant ne se prête pas à un examen minutieux.

2° La substitution complète et précoce de kystes inertes au tissu splénique, assimilable, dans une certaine mesure, à l'ablation de la rate, n'a

pas retenti sur l'état général du serpent, fait qui concorde avec ce que l'on sait des fonctions de la rate chez les Vertébrés supérieurs.

3° Les serpents originaires des contrées chaudes, et surtout les grosses espèces (Boïdés) sont extrêmement sensibles aux abaissements de température, qui suffisent à eux seuls à entraîner la mort chez les sujets qui, par ailleurs, sont en parfait état général. Notre python est mort d'une congestion pulmonaire aiguë, consécutive à l'action du froid.

CYTOLOGIE. — *Les nématocystes et spirocystes des Cœlentérés. Mode de fonctionnement et caractères différentiels.* Note (¹) de M. **Robert Weill**, présentée par M. Mesnil.

On réunit sous le nom de cellules urticantes des Cœlentérés deux catégories d'éléments très différents, les nématocystes et les spirocystes. Dans les premiers, communs à tous les Cœlentérés, l'épaisse paroi de la capsule urticante se prolonge en un long tube invaginé à l'intérieur de la capsule et qui est projeté par dévagination au moment de l'explosion (*fig.* 1); ils sont dits basophiles. Les seconds, caractéristiques des seuls Anthozoaires, ont une paroi mince et un filament plein, libre à ses deux extrémités, et qui, bandé comme un ressort, est projeté par détente après rupture du sommet de la capsule (*fig.* 2); ils sont dits acidophiles. A la première catégorie appartiennent en outre les capsules polaires des Cnidosporidies, en raison de leur basophilie et des images de dévagination que l'on y a vues (*fig.* 3). Le cnidocyste du *Polykrikos* enfin constituerait, d'après les recherches de Chatton (1914), un intermédiaire entre les deux catégories : sa paroi s'invagine à l'intérieur de la capsule en une courte ampoule dont la base est en contact avec le filament (*fig.* 4*a*); lors de l'explosion, dans un premier temps l'ampoule se dévagine, puis le filament est projeté à travers elle (*fig.* 4*b*).

Nous avons entrepris la vérification des caractères donnés comme spécifiques des spirocystes; nos recherches nous ont montré que tous reposent sur des erreurs d'observation, ainsi que Ludwig Will l'avait montré avant nous (²).

(¹) Séance du 2 février 1925.

(²) L. Will a été le premier et, à notre connaissance, le seul auteur qui ait montré d'une façon précise les analogies et les différences existant entre les nématocystes et les spirocystes. Nous avions complètement achevé nos recherches sans connaître les

L'examen *in vivo* de spirocystes, de quelque espèce qu'ils proviennent (*A. sulcata* et autres Actinies, *Caryophyllia clavus*, *Corynactis viridis*), montre que le filament spiral interne est toujours suspendu à un des pôles de la capsule, et n'atteint pas en général le pôle opposé plus effilé (*fig.* 5).

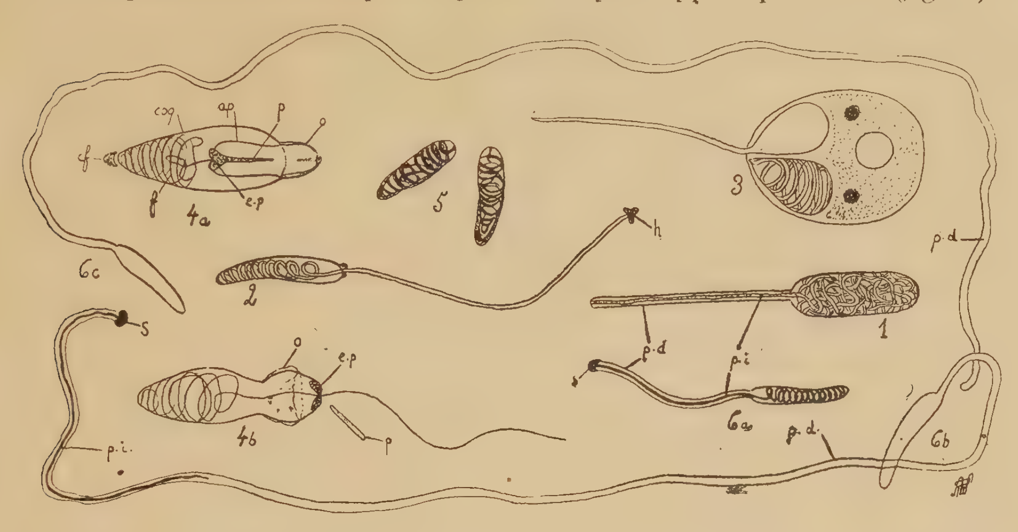


Fig. 1. — Nématocyste inerme de *Corynactis viridis.*

Fig. 2. — Spirocyste de *Anemonia sulcata* au début de la « projection » du filament terminé par un « harpon ». Iwanzoff (1896.)

Fig. 3. — Spore de *Myxobolus;* une capsule polaire est dévaginée. Doflein (1911.)

Fig. 4. — Cnidocystes de *Polykrikos Schwartzi* : *a*, au repos; *b*, éclaté, Chatton (1914); *o*, opercule *p*, percuteur; *ep*, son embase; *ap*, ampoule; *f*, filament; *coq*, coque; *cf*, coiffe.

Fig. 5. — Spirocystes intacts de *A. sulcata.*

Fig. 6. — Spirocystes de *A. sulcata* : *a*, au début; *b*, vers la fin; *c*, après leur dévagination; *pi*, partie invaginée; *pd*, partie dévaginée; *s*, sommet (= « harpon »).

Les images de spirocystes éclatés montrent un processus de dévagination incontestable. La paroi capsulaire se prolonge en un tube à parois excessivement minces et difficilement perceptibles, et plus ou moins long selon le degré de la dévagination (*fig.* 6 *a*, *b*, *c*). Lorsque celle-ci a été incomplète (*fig.* 6 *a*, *b*), on voit autour de la partie encore invaginée, et en continuité

siennes, publiées dans un périodique malheureusement introuvable (*Sitz. ber. d. naturf. Ges.*, Rostock, 1909 et 1910), et seul un de ses derniers mémoires nous a été accessible depuis. Quoique nos observations ne fassent que confirmer sur presque tous les points celles de notre prédécesseur, nous croyons utile de leur donner pour la première fois une confirmation, d'autant plus qu'elles n'ont été prises en considération par aucun des nombreux auteurs qui se sont, après Will, occupés de cette question.

avec elle à son sommet, les parois de la partie dévaginée; le sommet est souvent renflé et particulièrement réfringent; Iwanzoff (1896) l'avait interprété comme un harpon coiffant l'extrémité du filament. On retrouve les mêmes images sur frottis colorés vitalement ou après fixation, où la partie invaginée et le sommet seuls se colorent intensément. L'absence de réfringence et de colorabilité propre à la partie dévaginée est due probablement à son étirement et son amincissement lors de la dévagination. Elle passait ainsi inaperçue et certains auteurs (Gosse, 1860; Moroff, 1910) ont pu affirmer n'avoir jamais vu qu'une projection partielle du filament : lorsque le tube était dévaginé complètement, tout l'appareil, devenu presque invisible, avait échappé à leur attention.

Les caractères de coloration donnés comme différentiels demandent une précision. Dans une coloration combinée telle que le Giemsa, l'éosinophilie n'est nullement propre aux spirocystes qui d'ailleurs, nous l'avons dit, ne la présentent que sur leurs parties dévaginées; les tubes des nématocystes la montrent également. Seulement elle est ici masquée soit par la coloration basique de l'armature du tube, et surtout par la coloration intense du contenu capsulaire. Celui-ci en effet ne se colore que dans les nématocystes où il est un colloïde (Will), pas dans les spirocystes où il est un cristalloïde. L'absence d'armature enfin, donnée quelquefois comme caractère particulier aux spirocystes, se constate chez certains nématocystes de Cérianthe où elle a été signalée par Iwanzoff, et chez des nématocystes analogues de *Corynactis viridis* (*fig.* 1).

Quant au cas des cnidocystes du *Polykrikos*, que nous avons pu étudier *in vivo* et sur les préparations mêmes de Chatton, l'observation directe ne permet pas de le résoudre. Leur contenu capsulaire se colore comme celui des nématocystes; l'image du cnidocyste éclaté (*fig.* 4*b*) n'est point non plus incompatible avec l'hypothèse de la dévagination d'un tube creux; car également dans certains nématocystes d'Actinies le tube, filiforme, ne s'élargit pas de façon perceptible lors de sa dévagination. La projection par dévagination ([1]) expliquerait la coloration du tube par les colorants du contenu capsulaire et le fait qu'il n'est jamais séparé complètement du

---

([1]) Kofoid et Swezy (1921) admettent, surtout par raison d'analogie avec ce qui est chez les Cœlentérés, que c'est bien la le mode de projection chez le *Polykrikos*. Mais ils avouent n'avoir pu reconnaître la nature tubulaire du filament et donnent d'ailleurs de son retournement des images inexactes et irrationelles.

sommet de l'ampoule. Chatton pense (communication orale) qu'elle est parfaitement compatible avec le processus de formation qu'il a fait connaître (1914) : dépôt de chitine sur la surface du filament ou flagelle intravacuolaire (comme sur toute la surface de la vacuole) qui sert ainsi de matrice au tube. Étant donnée la continuité du filament et de l'ampoule qu'implique ce mode de squelettisation, la projection par dévagination est plus vraisemblable que la projection par détente.

Le maintien d'une catégorie spéciale pour les spirocystes des Cœlentérés se justifie seulement par suite de leurs propriétés physiques particulières. Le mode de fonctionnement est identique dans tous les éléments urticants connus (Cœlentérés, Cnidosporidies, *Polykrikos*); il est toujours une projection par dévagination.

PROTISTOLOGIE. — *L'appareil parabasal des Flagellés et sa signification.* Note de MM. **O. Duboscq** et **P. Grassé**, présentée par M. Henneguy.

Dans une Note précédente [1] nous avons écrit que l'appareil parabasal des Flagellés paraissait homologue à l'idiozome de la spermatide et représentait comme lui l'appareil de Golgi. Ce qui n'était d'abord pour nous qu'une idée hypothétique est devenu, depuis, une conviction.

Les réactions microchimiques des deux appareils sont les mêmes. A. Foa (1904) avait observé l'action funeste de l'acide acétique sur le corbillon des *Trichonympha*. Cutler (1919-1920) et Wenrich (1921) notèrent l'importance de l'absence d'acide acétique dans le Flemming pour la démonstration de l'appareil parabasal. Comme l'appareil de Golgi, l'appareil parabasal est mis en relief avec précision par l'hématoxyline, après les fixateurs osmiques, par le nitrate d'argent après fixation au formol-nitrate d'urane (Cajal) ou mieux au formol-nitrate de cobalt (da Fano-Luelmo), enfin par l'acide osmique (Kopsch ou Mann-Kopsch). En somme ils se comportent l'un et l'autre comme le chondriome, mais ce sont des corps lipoïdifères plus réducteurs.

Les deux appareils ont essentiellement la même structure. L'appareil de

---

(1) *C. R. Soc. Biol.*, t. 90, 1924, p. 1442.

Golgi dans la spermatogenèse est fait de *corps de Golgi* (dictyosomes) dans lesquels on distingue une substance en filament ou en plaque vivement colorable (*substance chromophile*) recouvrant en calotte une substance hyaline, vésiculeuse, très labile et peu colorable, dite *substance chromophobe* (cf. les travaux de Hirschler, Bowen et Bronté-Gatenby). C'est la structure fondamentale de l'appareil parabasal des Flagellés. Elle a été vue d'abord chez *Calonympha* par Janicki (1915) qui appelle *filament parabasal* la substance colorable, puis par Cutler (1919) chez *Ditrichomonas Immsi* Duboscq et Grassé. Nous l'avons retrouvée chez *Janickiella* (¹), chez *Holomastigotes* à tous les stades (²), chez *Spirotrichonympha*, dont l'appareil parabasal est du même type que celui d'*Holomastigotes;* chez *Trichonympha* (³) où chaque latte du corbillon se compose d'un long filament chromophile au-dessous duquel s'étale en lame homogène la substance chromophobe; enfin chez *Jœnia* où chaque foliole est une lame hyaline chromophobe avec bord externe chromophile.

L'appareil parabasal et l'idiozome ont les mêmes connexions, étant l'un et l'autre contigus simultanément au noyau et au centrosome ou blépharoplaste. L'homologie ne s'impose que si l'on compare seulement au Flagellé la spermatide des premiers stades. Car le spermatozoïde — au moins celui des Vertébrés qui est le mieux connu — représente un Flagellé très évolué à certains égards. Ça serait, si l'on admet les résultats de Champy, une sorte de Bodonidé dont les blépharoplastes des flagelles antérieur et postérieur s'éloigneraient et se placeraient à l'opposé l'un de l'autre. De là, peut être, la fragmentation de l'idiozome, qui suivrait le sort des deux centrosomes, tandis que chez la plupart des Flagellés l'appareil parabasal conserve sa position première, les blépharoplastes restant contigus quand ils se divisent. Mais chez *Holomastigotes* et *Spirotrichonympha* l'expansion du blépharoplaste en longues spires cilifères (cf. les anthérozoïdes des Cycadées) entraîne la dissociation de l'appareil parabasal.

Peut-on poursuivre ailleurs que dans les éléments flagellés cette homologie de l'appareil parabasal et de l'appareil de Golgi? Nous en sommes

---

(¹) *Loc. cit.*

(²) *C. R. Soc. Biol.*, t. 92, 1925, p. 154.

(³) Nous avons étudié les *Trichonympha agilis* et *minor* de *Reticulitermes lucifugus* et une autre espèce parasite de *Glyptotermes iridipennis* que nous appelons *Trichonympha Chattoni* n. sp.

persuadés. Déjà chez *Pseudotrichonympha* (Cutler, 1921) deux filaments (*filaments suspenseurs*), qui vont du blépharoplaste au noyau, tiennent la place du corbillon de *Trichonympha* et doivent être interprétés comme appareil parabasal. Or dans les schizozoïtes des *Aggregata* (Joyet-Lavergne, 1924) l'appareil de Golgi est représenté par un ou deux filaments qui partent de la région antérieure centrosomienne et se dirigent vers le noyau. Les sporozoïtes de *Selysina* ont certainement la même structure (Duboscq, 1918). Et, ainsi, par leur appareil de Golgi comme par beaucoup d'autres caractères, les Sporozoaires se relient aux Flagellés.

Ils se relient aussi aux Métazoaires. Les cellules nerveuses fortement polarisées, c'est-à-dire qui ont gardé ou accentué l'orientation épithéliale — bâtonnets et cellules bipolaires de la rétine (Cajal, 1912), grains du bulbe olfactif (Fañanas, 1912) — ont un appareil de Golgi semblable à celui des sporozoïtes d'*Aggregata* et de *Selysina*. D'autre part, Deineka (1912) avait insisté sur la position polaire de l'appareil de Golgi, très généralement placé dans le champ du centrosome, et en même temps au voisinage du noyau. Il ne devient circumnucléaire que dans les cellules qui ont perdu leur faculté de division.

Une objection nous sera faite. La plupart des caractères que nous attribuons à l'appareil parabasal conviennent au chondriome. Dès lors, ne peut-on pas, avec Alexeieff (1917), assimiler l'appareil parabasal à un corps mitochondrial ? Nous reconnaissons que les méthodes qui démontrent l'appareil parabasal ou l'appareil de Golgi mettent souvent en évidence les mitochondries. On les voit, en même temps que l'appareil parabasal, chez la plupart des Trichonymphines, sous la forme ordinaire de grains, filaments de grains ou bâtonnets. Mais certaines variantes des méthodes classiques permettent de mettre en relief l'appareil parabasal seul, et nous avons vérifié que ces mêmes techniques démontraient dans les mêmes conditions l'idiozome des spermatides du Cobaye. Si l'on joint à cela les similitudes de structure, on conclura que l'appareil parabasal correspond bien à l'idiozome et non à la spire mitochondriale. Au surplus, nous inclinons à croire avec beaucoup d'auteurs qu'appareil parabasal et appareil de Golgi représentent une catégorie du chondriome. D'après Hirschler (1924) il n'y aurait même chez certains Protozoaires qu'une seule sorte de corps lipoïdifères, et pas de différenciation en mitochondries et appareil de Golgi.

Reste la question de la fonction physiologique de l'appareil parabasal et de l'appareil de Golgi. Elle est hypothétique. Rappelons seulement que

pour Cajal et ses élèves l'appareil de Golgi joue un rôle important « d'ordre énergétique » dans la vie cellulaire. Or, la plupart des protistologues avec Alexeieff (1910) et Janicki (1911-1915) ont tendance à voir dans l'appareil parabasal l'accumulation d'une « substance énergétique » consommée par les flagelles pour leur fonctionnement.

La séance est levée à $15^h 40^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 26 janvier 1925.)

Note de Mlle *Thérèse Leroy*, Nouvelle méthode pour la détermination des prix de revient et la tarification des transports par chemins de fer :

Page 253, note (1), *au lieu de* 1875, t. **6**, p. 543, et 1883, t. **10**, p. 422, *lire* 1875, t. **10**, p. 422, et 1883, t. **6**, p. 543.